



**EVALUASI BANJIR  
JALAN MANGGAR, KACA PIRING DAN TERATAI  
KECAMATAN PATRANG  
KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

Oleh

**AGUSTINA CAHYA NINGRUM  
NIM 111910301028**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**EVALUASI BANJIR  
JALAN MANGGAR, KACA PIRING DAN TERATAI  
KECAMATAN PATRANG  
KABUPATEN JEMBER**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**AGUSTINA CAHYA NINGRUM  
NIM 111910301028**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Sebuah dakian menuju puncak impian yang terkikis sedikit demi sedikit. Ketidakpercayaan atas kemampuan dalam mewujudkan kewajiban dalam agama-Mu (menuntut ilmu), *Alhamdulillah* telah Engkau kabulkan mimpiku Ya Allah, terima kasih atas rahmat serta hidayah-Mu kepadaku dan kepada Nabi Muhammad SAW teladanku dan umatnya yang membawa cahaya di dunia-Mu.

Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua Orangtuaku, Ibunda tercinta Susiyanti yang senantiasa mendoakan anakmu ini. Ayahku tercinta Triyono yang telah memberikan semangat, do'a dan dukungan financial dan hal lain yang tak terhitung nilainya;
2. Ketiga kakak-kakakku, Eko Prasetyo, Christin Ningrum, Puji Mukti Hariyadi selalu mendukungku dan menyemangati hingga ketika terjatuh mampu untuk bangkit lagi, lagi dan lagi;
3. Wiwik Yunarni W, S.T., M.T., dan Sri Wahyuni, ST., MT., Ph. D yang telah membimbingku dengan sabar;
4. Mas Riduwan, Agustira, Ramadhani, Gofur, Mas Anas, Mas Ubay, Mas Rahmawan, Mas Eka, Vivi, Yusi, Nala, Fuat, Yoga, Erly, Ucond, Abror yang telah ikut membantu dalam skripsi ini;
5. Sahabat "Rumpik Sekawan" Yusi, Vivi, Dhani, Agus, Ida Bagus, Bagus Wira, Andiani, Mimin, Nita, Yoyok, Ervina, Ucon, Rofiqi, Siska terimakasih bantuannya yang sewaktu-waktu dan doanya.
6. Mas Samsul, Mas Raditya dan Mbak Icha terimakasih atas pemakluman dan support dalam keadaan apapun.
7. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbingku dengan sabar;

8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2011, Terimakasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tiada henti;
9. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.



## MOTTO

Kebanyakan dari kita tidak mensyukuri apa yang sudah kita miliki, tetapi kita selalu menyesali apa yang belum kita capai."

(Schopenhauer)

Bekerjalah bagaikan tak butuh uang. Mencintailah bagaikan tak pernah disakiti. Menarilah bagaikan tak seorang pun sedang menonton.

(Mark Twain)

"Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.

(Evelyn Underhill)

Hiduplah seperti pohon kayu yang lebat buahnya; hidup di tepi jalan dan dilempari orang dengan batu, tetapi dibalas dengan buah.

(Abu Bakar Sibli)

Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyalahnyai waktu untuk menunggu inspirasi.

(Ernest Newman)

Segala sesuatu yang direstui orang tua insyaallah selalu lancar orang tua insyaallah selalu lancar

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Agustina Cahya Ningrum

NIM : 101910301028

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Evaluasi Banjir Jalan Manggar, Kaca Piring Dan Teratai Kecamatan Patrang Kabupaten Jember" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Desember 2014

Yang menyatakan,

Agustina Cahya Ningrum  
NIM 111910301028

**SKRIPSI**

**EVALUASI BANJIR  
JALAN MANGGAR, KACA PIRING DAN TERATAI  
KECAMATAN PATRANG  
KABUPATEN JEMBER**

Oleh

**AGUSTINA CAHYA NINGRUM**  
NIM 111910301028

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni W, S.T., MT.,

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Wahyuni, ST., MT., Phd.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Evaluasi Banjir Jalan Manggar, Kaca Piring Dan Teratai Kecamatan Patrang Kabupaten Jember” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :  
Tanggal :  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., MT  
NIP. 19700613 199802 2 001

Sri Wahyuni, S.T., MT., Ph.D  
NIP. 19700613 199802 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 19661215 199503 2 001

Sri Sukmawati, S.T., MT  
NIP 19650622 199803 2 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP. 19610414 198902 1 001



## RINGKASAN

**Evaluasi Genangan dan Banjir Jalan Manggar, Kaca Piring, Teratai kecamatan Patrang Kabupaten Jember;** Agustina Cahya Ningrum, 111910301028; 2014: 44 Halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Kawasan perkotaan mengalami peningkatan populasi manusia karena daya pikat yang merangsang manusia berpindah dari *rural* ke *urban*. Akibatnya berkurang lahan resapan sehingga seringkali terjadi genangan dan banjir pada beberapa daerah. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya luasan resapan air. Oleh karena itu, dibutuhkan sarana untuk mengalirkan air hujan yang menjadi limpasan akibat berkurangnya daerah resapan, salah satunya drainase.

Berdasarkan pengamatan lapangan, diketahui bahwa pada jalan manggar mengalami banjir tepatnya pada MAN 2 karena terdapat pertemuan 2 sungai yaitu sungan polo dan sungai kemuning. Hal ini yang menyebabkan banjir apabila terjadi hujan dengan intensitas yang tinggi. Ada lagi yang mengalami banjir yakni pada perempatan jalan kaca piring dan jalan teratai tepatnya depan rumah sakit citra husada disini terdapat genangan karena posisi tanah lebih tinggi sehingga air tidak dapat mengalir ke drainase yang ada. Akibatnya, terjadinya peluapan air hujan pada sisi trotoar.

Diperlukan sistem penanggulangan banjir yang cepat dan dapat dirancang pada jalan manggar, kacapiring dan teratai untuk mengantisipasi banjir yang sering mengancam di daerah tersebut. Dalam penelitian Tugas Akhir (TA) ini, akan mengevaluasi genangan dan banjir pada jalan tersebut berdasarkan kondisi saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir, menggunakan pemodelan yang memanfaatkan software EPA SWMM 5.0

Dalam studi ini program SWMM dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan program lain yang sejenis. Dengan menggunakan SWMM, kondisi yang terjadi di lapangan dapat dimodelkan dengan memasukkan parameter-parameter yang

tercatat pada kondisi sesungguhnya. Hal ini menjadikan program SWMM dapat secara akurat memberikan hasil simulasi relatif sama dengan keadaan di lapangan.



## SUMMARY

Inundation and Flood Evaluation Road manggar, Glass Plates, Patrang districts of Jember Regency; Agustina Cahya Ningrum, 111910301028; 2014: 44 pages; Department of Civil Engineering, Engineering Faculty of Jember University.

Urban areas increasing human population because of the allure that stimulates man to move from rural to urban. As a result of land decreases absorption so frequent inundation and flooding in some areas. This is caused by the reduced water catchment area. Therefore, it needed to drain rainwater into a runoff due to reduced absorption areas, one of which drainage.

Based on field observations, it is known that the road manggar flooded precisely in MAN 2 because there is a meeting of two rivers namely river polo and yellow. This causes flooding in case of rain with a high intenitas. There is another flooded road that is at the intersection of the glass plate and the lotus precisely in front of the hospital husada imagery here there are puddles because positions higher ground so that water can not flow into the existing drainage. As a result, the occurrence of rainwater on the pavement.

The need for flood prevention system which quickly and can be designed on the road manggar, gardenia and lotus to anticipate floods that often threaten the area. Final study (TA), will evaluate the inundation and flooding on the road by a drainage channel conditions and the factors that influence the occurrence of floods, using modeling software utilizing EPA SWMM 5.0.

In this study, SWMM program chosen because it has several advantages over other similar programs. By using SWMM, a condition that occurs in the field can be modeled by entering parameters recorded in real conditions. It makes SWMM program can accurately provide simulation results are relatively similar to the situation in the field.

## PRAKATA

*Alhamdulillah*, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Evaluasi Banjir Jalan Manggar, Kaca Piring Dan Teratai Kecamatan Patrang Kabupaten Jember”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widiono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Wiwik Yunarni S, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama; Sri Wahyuni, S.T., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota;
3. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dosen Penguji Utama;
4. Sri Sukmawati, S.T., MT., selaku Dosen Penguji Anggota;
5. Mokhammad Farid Maruf, S.T., MT., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Kedua orang tua-ku dan ketiga saudaraku yang telah memberikan dukungan moril dan materiil selama penyusunan skripsi ini;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 29 Juni 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMARRY</b> .....	xi
<b>PRAKATA</b> .....	xiii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.4 Manfaat Penelitian</b> .....	2
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
<b>2.1 Drainase</b> .....	3
<b>2.2 Analisa Hidrologi</b> .....	8
2.2.1 Analisa Frekuensi .....	8
2.2.2 Uji Kecocokan .....	8
2.2.3 Intensitas Hujan .....	9

2.3	Pemodelan SWMM .....	10
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	15
3.2	Sistematika Penelitian .....	17
3.2.1	Pengumpulan Data .....	17
3.2.2	Survey Lapangan .....	17
3.2.3	Analisis Hidrologi .....	18
3.2.4	Pemodelan menggunakan SWMM .....	18
3.3	Alur Penelitian .....	19
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
4.1	Analisa Hidrologi .....	21
4.1.1	Curah Hujan Maksimum .....	21
4.1.2	Analisa Frekuensi Data Hujan.....	21
4.1.3	Uji Distribusi Probabilitas .....	23
4.1.4	Analisis Intensitas Hujan .....	24
4.2	Evaluasi Drainase .....	24
4.2.1	Potongan Memanjang .....	24
4.2.2	Sistem Jaringan Drainase .....	27
4.2.3	Lokasi Banjir .....	28
4.2.4	Kalibrasi Pemodelan SWMM .....	28
4.2.5	Evaluasi Saluran Drainase .....	29
4.2.5.1	Evaluasi pada Kondisi Hidrologi .....	29
4.2.5.1	Evaluasi pada Kondisi Hidrolika .....	30
4.3	Perencanaan Saluran Baru .....	35
4.3.1	Perubahan Dimensi Saluran .....	35
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>42</b>
5.1	Kesimpulan .....	42
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>43</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>		

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Parameter Statistik Analisis Frekuensi .....	5
2.2 Bilangan Kekasaran Manning untuk Saluran .....	12
2.3 Harga Infiltrasi Dari Berbagai Jenis Tanah.....	13
2.4 Koefisien Pengaliran Berdasarkan Jenis Permukaan Dan Tata Guna Lahan .....	13
4.1 Data Hujan Harian Maksimum .....	21
4.2 Hitungan Statistik Debit Saluran Drainase .....	22
4.3 Penentuan Periode Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota .....	22
4.4 Hujan Rencana Dengan Kala Ulang T (tahun) .....	22
4.5 parameter statistik untuk penentuan pola Distribusi hujan .....	23
4.6 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk distribusi Log Pearson III .....	23
4.7 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 2, 5 dan 10 .....	24
4.8 Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM .....	28
4.9 Node Banjir Hasil Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun.....	29
4.10 Rekapitulasi Node Banjir Kala Ulang 1, 2, 5, 10 Tahun .....	33
4.11 Rekapitulasi Dimensi Saluran yang Banjir .....	33
4.12 Rekapitulasi Perbaikan Dimensi Saluran.....	33

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
3.1	Peta Situasi Jalan Manggar ..... 15
3.1.1	Peta Situasi Jalan Kaca Piring..... 16
3.1.2	Peta Situasi Jalan Teratai ..... 16
3.2	Diagram Alir Penelitian ..... 19
3.3	Peta Alir Pemodelan SWMM..... 20
4.1	Grafik Intensitas Hujan Jam-Jaman ..... 27
4.2	Lokasi Banjir ..... 28
4.3	Lokasi Banjir. .... 28`
4.4	Node T21 – Node T25 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun ..... 31
4.5	K13–Node K19 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun ..... 31
4.6	M5–M3 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun ..... 32
4.7	Node M4–M10 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun..... 32
4.8	Node M15–M19 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun..... 33
4.9	Node M35–M39 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun..... 34
4.10	T9–T5 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 31
4.11	Node T8–T12 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 32
4.12	Node T8–T12 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 32
4.13	Node M21–M25 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 33
4.14	Node M4–M6 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 34
4.15	M37–M39 Running Setelah Perubahan Dimensi..... 31
4.16	K9–K13 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 32
4.17	Node K14–K16 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 32
4.18	Node K15–K19 Running Setelah Perubahan Dimensi ..... 33



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Daerah perkotaan mengalami peningkatan populasi manusia karena daya pikat yang merangsang manusia berpindah dari *rural* ke *urban*. Akibatnya berkurang lahan resapan sehingga seringkali terjadi genangan dan banjir pada beberapa daerah. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya luasan resapan air. Oleh karena itu, dibutuhkan sarana untuk mengalirkan air hujan yang menjadi limpasan akibat berkurangnya daerah resapan, salah satunya drainase.

Berdasarkan pengamatan lapangan, diketahui bahwa pada Jalan Manggar mengalami banjir tepatnya pada daerah Al-Qodiri, depan MAN 2 serta sebelum pertigaan Pom bensin, sedangkan pada Jalan Kaca Piring terjadi pada daerah setelah Mie Apong sebelum jembatan dan pada jalan Teratai terjadi di pertigaan jalan Teratai dan depan RS. Citra Husada. Terjadinya banjir di beberapa titik Jalan Manggar, Kaca Piring dan Teratai karena intensitas hujan yang tinggi serta kurang berfungsi sistem drainase. Untuk meminimalisir terjadinya banjir diperlukan sistem drainase yang baik agar aliran air yang melimpas di lokasi tersebut dapat teratasi.

Dalam penelitian Tugas Akhir (TA) ini, mengevaluasi banjir pada Jalan Manggar, Kaca Piring dan Teratai dikarenakan jalan tersebut merupakan jalan menuju kawasan primer dan terjadinya banjir menyebabkan gangguan kenyamanan dan keamanan bagi warga setempat. Penelitian ini mengevaluasi banjir berdasarkan kondisi saluran drainase dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir dengan menggunakan pemodelan *software* EPA SWMM 5.0

Penggunaan *software* SWMM telah dilakukan oleh peneliti terdahulu yaitu, Septian (2014), Fikri (2014), Eka (2015) dengan mengkaji ulang saluran drainase menggunakan *software* SWMM dalam memecahkan permasalahan pada sistem

jaringan drainase. Hal ini yang menjadikan *software* SWMM menjadi pilihan pemecahan masalah dalam Tugas Akhir ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah apa yang menyebabkan banjir pada Jalan Manggar, Kaca Piring dan Teratai serta cara mengatasinya?

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan penelitian Tugas Akhir (TA) ini adalah mengevaluasi saluran drainase Di Jalan Manggar, Kaca Piring dan Teratai pada saat ini dan menyelesaikan permasalahan genangan yang terjadi pada daerah tersebut.

## **1.4 Manfaat Penulisan**

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi solusi yang tepat akan masalah banjir dan segera teratasi agar masyarakat nyaman dan aman.

## **1.5 Batasan Masalah**

Lingkup penelitian ini adalah melakukan evaluasi kinerja sistem jaringan drainase dengan menggunakan *software* SWMM untuk memanipulasi puncak hasil aliran permukaan.

## **BAB 2. TINJUAN PUSTAKA**

### **2.1 Drainase**

Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk mengatasi persoalan kelebihan air di permukaan tanah maupun di permukaan bawah tanah.

Menurut Dr. Ir. Suripin, M. Eng. (2004; 7) drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Berdasarkan tujuan dan sasarannya, drainase dibagi menjadi beberapa bagian salah satunya drainase perkotaan. Drainase perkotaan memfokuskan pada pengeringan atau pengaliran air dari wilayah perkotaan menuju sungai yang melintasi wilayah perkotaan tersebut sehingga wilayah perkotaan tidak digenangi air (Wesli, 2008:6). Drainase perkotaan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang juga dapat mempengaruhi desain dari drainase itu sendiri seperti, Topografi wilayah; Lingkungan ; Sosial Budaya, Tata Guna Lahan; Daerah Resapan.

Drainase yang dirancang haruslah memenuhi seluruh aspek yang mempengaruhi seperti, persyaratan hidrologi, hidrolika dan kelayakan drainase untuk dibangun serta prediksi umur pakai drainase, sehingga drainase dapat bekerja secara maksimal dan dapat menanggulangi banjir yang terjadi.

### **2.2 Analisis Hidrologi**

Analisis Hidrologi membahas mengenai perhitungan debit air hujan rencana menggunakan analisis statistik berdasarkan data curah hujan yang telah ada sebelumnya. Selanjutnya menentukan periode kala ulang berdasarkan tipologi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2014).

Tabel 2.1 Penentuan Periode Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

No	TIPOLOGI KOTA	Daerah Tangkapan Air (Ha)			
		<10	10-100	100-500	>500
1	Kota Metropolitan	2 Th	2-5 Th	5-10 Th	10-25 Th
2	Kota Besar	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-20 Th
3	Kota Sedang	2 Th	2-5 Th	2-5 Th	5-10 Th
4	Kota Kecil	2 Th	2-5 Th	2 Th	2-5 Th

Kota Jember termasuk dalam kota sedang dan memiliki daerah tangkapan air lebih dari 500 Ha, maka digunakan periode kala ulang 5-10 tahun. Akan tetapi dalam perhitungan analisa frekuensi harian maksimum digunakan kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun dalam mengevaluasi saluran drainase. Hal ini digunakan untuk mengetahui perbandingan kenaikan curah hujan rencana serta menganalisis desain hidrolika drainase untuk mengetahui penambahan titik *node* banjir.

Hasil dari analisis hidrologi berupa perkiraan atau prediksi banjir rancangan untuk mendesain suatu bangunan hidrolik tertentu secara maksimal dan efisien (Sri Harto, 1993).

### 2.2.1 Analisis frekuensi

Prediksi curah hujan diperlukan dalam perencanaan drainase yaitu dengan memprediksi debit maksimum yang mungkin terjadi pada tahun rencana. Hal ini didasarkan pada kejadian yang telah lalu untuk memperoleh probabilitas besaran hujan yang akan datang dan beranggapan sifat statistik yang akan datang akan sama dengan sifat statistik kejadian hujan masa lalu (Suripin, 2004). Dengan demikian erat kaitannya dengan desain hidrolika pada drainase yang direncanakan untuk mengetahui debit maksimum, desain hidrolika drainase harus diperhitungkan agar drainase dapat menampung debit maksimum yang mungkin terjadi.

Dalam ilmu hidrologi, data debit curah hujan yang terjadi digunakan untuk memprediksi debit curah hujan yang mungkin terjadi. Ada berbagai distribusi

teoritis yang kesemuanya dapat dibagi menjadi dua yaitu distribusi diskrit dan distribusi kontinu. Distribusi diskrit adalah binomial dan Poisson, sedangkan kontinu adalah distribusi Normal, Log Normal, Pearson dan Gumbel (Soewarno, 1995). Pada penelitian ini menggunakan distribusi kontinu dengan sifat statistik data, data dapat diolah dengan beberapa berdasarkan distribusinya. Adapun distribusi yang biasa digunakan yaitu distribusi Gumbel, Normal, Log Normal, Log Pearson.

Tabel 2.1. Parameter Statistik Analisis Frekuensi

Parameter	Sampel
Rata-rata	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
Simpanan Baku	$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$
Koefisien Variasi	$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$
Koefisien <i>Skewness</i>	$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$
Koefisien Kurtosis	$Ck = \frac{n^2 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$

Sumber: Singh, 1992.

### Distribusi Normal

Distribusi normal atau sering disebut juga sebagai distribusi GAUSS. Fungsi distribusi Normal sebagai berikut:

$$p(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(X-\mu)^2/(2\sigma^2)} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$P(X)$  = fungsi probabilitas kontinyu

$X$  = variabel acak

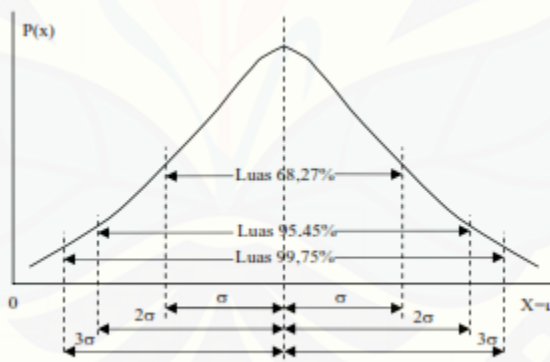
$M$  = rata-rata nilai  $X$

$\sigma$  = simpangan baku dari nilai  $X$

(Soewarno, 1995)

Apabila suatu populasi data hidrologi mempunyai distribusi berbentuk distribusi normal, maka

- 1) Kira-kira 68,27% terletak di daerah satu *deviasi standard* sekitar nilai rata-ratanya yaitu antara  $(\mu - \sigma)$  dan  $(\mu + \sigma)$ .
- 2) Kira-kira 95,45% terletak di daerah dua *deviasi standard* sekitar nilai rata-ratanya yaitu antara  $(\mu - 2\sigma)$  dan  $(\mu + 2\sigma)$ .
- 3) Kira-kira 99,73% terletak di daerah tiga *deviasi standard* sekitar nilai rata-ratanya yaitu antara  $(\mu - 3\sigma)$  dan  $(\mu + 3\sigma)$ . Sedangkan nilai 50%-nya terletak di daerah antara  $(\mu - 0,6745\sigma)$  dan  $(\mu + 0,6745\sigma)$ .



Gambar 2.1 Kurva Distribusi Frekuensi Normal

Rumus yang umum digunakan untuk distribusi normal adalah:

$$X_T = \bar{X} + K_T \cdot S \quad (2.2)$$

Keterangan :

$X_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T-tahunan

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung sampel

S = deviasi standar/simpangan baku nilai sampel

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau yang digunakan periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (Suripin, 2004).

### Distribusi Log Normal

Jika variabel acak  $Y = \text{Log } x$  terdistribusi secara normal, maka  $x$  dikatakan mengikuti distribusi Log Normal. PDF (*Probability Density Function*) untuk distribusi normal dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku, sebagai berikut:

$$P'(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(X-\mu)^2/(2\sigma^2)}, X > 0 \quad (2.3)$$

keterangan:

$Y$  = Log X

$P'(X)$  = peluang log normal

$X$  = nilai varian pengamatan

$\sigma_y$  = deviasi standar nilai varian Y

$\mu_y$  = nilai rata-rata populasi Y

Ini dapat dinyatakan dengan model matematik dengan persamaan:

$$Y_T = \bar{Y} + K_T S \quad (2.4)$$

keterangan:

$Y_T$  = perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahunan

$\bar{Y}$  = nilai rata-rata hitung sampel

S = standart deviasi nilai sampel

$K_T$  = faktor frekuensi, merupakan fungsi dari peluang atau yang

digunakan periode ulang dan tipe model matematik distribusi peluang yang digunakan untuk analisis peluang (Singh, 1992).

### Log Pearson III

Persamaan umum Distribusi Pearson III (soewarno, 1995), adalah :

Ubah data ke dalam bentuk logaritmis,  $X = \log X$  (2.5)

Hitung harga rata-rata:

$$\log \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.6)$$

Hitung harga simpangan baku:

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.7)$$

Hitung koefisien kemencengan:

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (2.8)$$

Hitung logaritma hujan dengan periode ulang T:

$$\text{Log } X_T = \log \bar{X} + K \cdot s \quad (2.9)$$

(Lisley, et al, 1975)

Metode pengeplotan data dapat dilakukan secara empiris, persamaan yang umum digunakan adalah persamaan Weibull:

$$Tr = \frac{n+1}{m} \quad (2.10)$$

Keterangan :

m = nomor urut (peringkat data setelah diurutkan dari besar ke kecil)

n = banyaknya data atau jumlah kejadian

(Soediby, 2003)



### Distribusi Gumbel

Persamaan umum Distribusi Gumbel (chow, 1964) :

$$X = \bar{X} + K.S \quad (2.11)$$

Keterangan :

$X_T$  = hujan rencana (mm)

$\bar{X}$  = nilai rata-rata atau mean

S = Standar deviasi dari data hujan

K = Faktor frekuensi Gumbel :  $K = \frac{Y_{Tr} - Y_n}{S_n}$

$Y_t$  = *reduced* variasi (lampiran 1)

$S_n$  = *reduced* standar (lampiran 2)

$Y_n$  = *reduced* mean (lampiran 3)

Masing-masing distribusi mempunyai sifat yang khas, sehingga data curah hujan harus diuji kecocokannya dengan sifat statistik masing-masing distribusi tersebut. Pemilihan distribusi yang tidak benar dapat menimbulkan kesalahan baik *over estimate* maupun *under estimate* (Sri Harto, 2000).

#### 2.2.2 Uji Kecocokan

Pengujian ini digunakan untuk menguji dan memilih penggunaan metode yang terbaik untuk perhitungan selanjutnya dengan memperhitungkan frekuensi terjadinya hujan. Dalam pengujian ini yang digunakan adalah:

##### 1). Uji Smirnov-Kolmogorof

Uji Smirnov-Kolmogorof dilakukan untuk mengetahui prosentase kemencengan maksimum dan kemencengan data agar sifat statistik data dapat diterima. Dari sifat statistik data itu, data yang telah dihitung kemencengannya tidak boleh melebihi kemencengan maksimum data, hal ini mengakibatkan data tidak dapat diterima sifat statistiknya. Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering

disebut uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Menurut Chakravart, et al (1967), menyatakan bahwa uji smirnov-kolmogorov dipergunakan untuk mengambil keputusan jika sampel tidak diperoleh dari distribusi spesifik. Tujuannya untuk menguji perbedaan distribusi kumulatif dari variabel kontinyu, sehingga merupakan . Uji Smirnov-Kolmogorov mencoba untuk memutuskan jika dua data berbeda secara signifikan.

### 2.2.3 Intensitas Hujan

Data yang telah diolah, digunakan untuk menghitung nisbah hujan dengan curah hujan yang kemudian digunakan untuk menghitung intensitas hujan. Intesitas hujan dapat dihitung menggunakan rumus mononobe (Suripin, 2004:67).

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.12)$$

Keterangan :

$I_t$  : Intensitas Hujan (mm/jam)

$t_c$  : waktu konsentrasi (jam)

$R_{24}$  : Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

## 2.3 Pemodelan Drainase dengan SWMM

EPA SWMM adalah model simulasi curah hujan-limpasan dinamis digunakan untuk mensimulasi kejadian tunggal atau jangka panjang (terus menerus) dengan kuantitas dan kualitas limpasan dari daerah terutama perkotaan.

Aliran permukaan (*runoff*) adalah bagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah (Murtiono 2008). Menurut Rahim (2006) air hujan yang menjadi *runoff* sangat bergantung kepada intensitas hujan, penutupan tanah, dan ada tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air tanah sebelum terjadinya hujan). Kadar air tanah sebelum terjadinya hujan biasa disebut *AMC* (*Antecedent Moisture*

*Content*).

Pemilihan *software* SWMM dalam penelitian ini karena *software* ini mampu mensimulasikan antara hidrologi dan hidrolika dalam sekali running. *Software* yang setara hanya mampu mensimulasikan satu komponen saja, hidrologi atau hidrolika. Dalam *software* ini, diperlukan input data agar dapat mensimulasikan limpasan yang terjadi. Adapun input tersebut adalah sebagai berikut.

a) *Subcatchment*

*Subcatchment* adalah luasan yang menerima hujan dan mengalami infiltrasi atau mengubahnya menjadi limpasan (*SWMM User's Manual*). Data yang diinputkan dalam *subcatchment* adalah sebagai berikut.

1. Luas (*Area*) : luas *subcatchment*
2. Lebar (*Width*) : panjang pengaliran
3. Kemiringan (% *slope*): persentase kemiringan *subcatchment*
4. % Kedap air (% *Imperviousness*): persentase area tanah yang *impervious*

Dalam model *subcatchment* sangat dipengaruhi oleh limpasan hujan yang diinputkan berdasarkan tipe tanah yang mengalami infiltrasi. Berikut merupakan rumus untuk salurannya.

$$Q = \frac{1.49 \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (2.13)$$

Keterangan :

- Q : debit (m<sup>3</sup>/detik)  
 A : Luas penampang saluran  
 R : Jari-jari Hidrolis  
 S : Kemiringan saluran  
 n : Kekasaran saluran

**TABEL 2.2** Bilangan Kekasaran *Manning* untuk Saluran

saluran	Keterangan	n manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai dan bersih	0,016 - 0,033
	Berbelok, landai, dan berumput	0,023 - 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 - 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 - 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 - 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 - 0,030
beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 - 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 - 0,030

Sumber : SWMM *Users Manual Book*

Dalam perhitungan ini menggunakan metode *SCS\_Curve number*. Dimana metode ini mengamsumsikan infiltrasi terjadi didapatkan melalui jenis tata guna lahan yang dikembangkan oleh *USDA Natural resource conservation service* dalam bentuk tabel.

$$Q = \frac{(P - 1)^2}{P - 1 + S} \quad (2.14)$$

Keterangan :

- Q : Debit limpasan
- P : Curah hujan
- I : Infiltrasi tanah
- S : Kadar air maksimum tanah

**TABEL 2.3** Harga Infiltrasi Dari Berbagai Jenis Tanah

Kel	Pengertian	Infiltrasi Minimum
A	Potensi limpasan yaang rendah, tanah mempunyai tingkat infiltrasi yang tinggi meskipun ketika tergenang dan kedalaman genangan yang tinggi, pengeringan/penyerapan baik untuk pasir dan bebatuan.	$\geq 0,45$
B	Tanah mempunyai tingkat infiltrasi biasa/tengah-tengah ketika tergenang dan mempunyai tingkat kedalaman genangan medium ke dalam, pengeringan dengan keadaan biasa ke baik didapat dari <i>moderately fine to modaretely coarse</i> .	0,30-0,15
C	Tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah jika lapisan tanah untuk pengaliran air dengan tingkat tekstur biasa ke tektur baik. Contoh lempung, pasir berlanau.	0,15-0,05
D	Potensi limpasan yang tinggi. Tanah mempunyai tingkat infiltrasi rendah ketika tergenang tanah lempung dengan potensi sweeling yang tinggi tanah dengan ketinggian air tanah yang tinggi tanah dengan lapisan lempung dekat dengan permukaan dan <i>shalow soil</i> yang berdekatan dengan material yang kedap air.	0,05-0,00

Sumber : SWMM Users Manual Book

5. *Manning* kedap air (N-*Imprev.*): nilai n *manning* untuk aliran permukaan di daerah *impervious*

6. Manning tidak kedap air (*N-Perviousness*): nilai *n manning* untuk aliran permukaan di daerah *pervious*
7. % Kedap Air Absolut (% *Zero-Imperviousness*) : persentase dari *impervious* area
8. Infil. Model: pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameternya

b) *Nodes/Links*

*Nodes/Links* adalah unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Data yang diinputkan pada *nodes/links* adalah sebagai berikut.

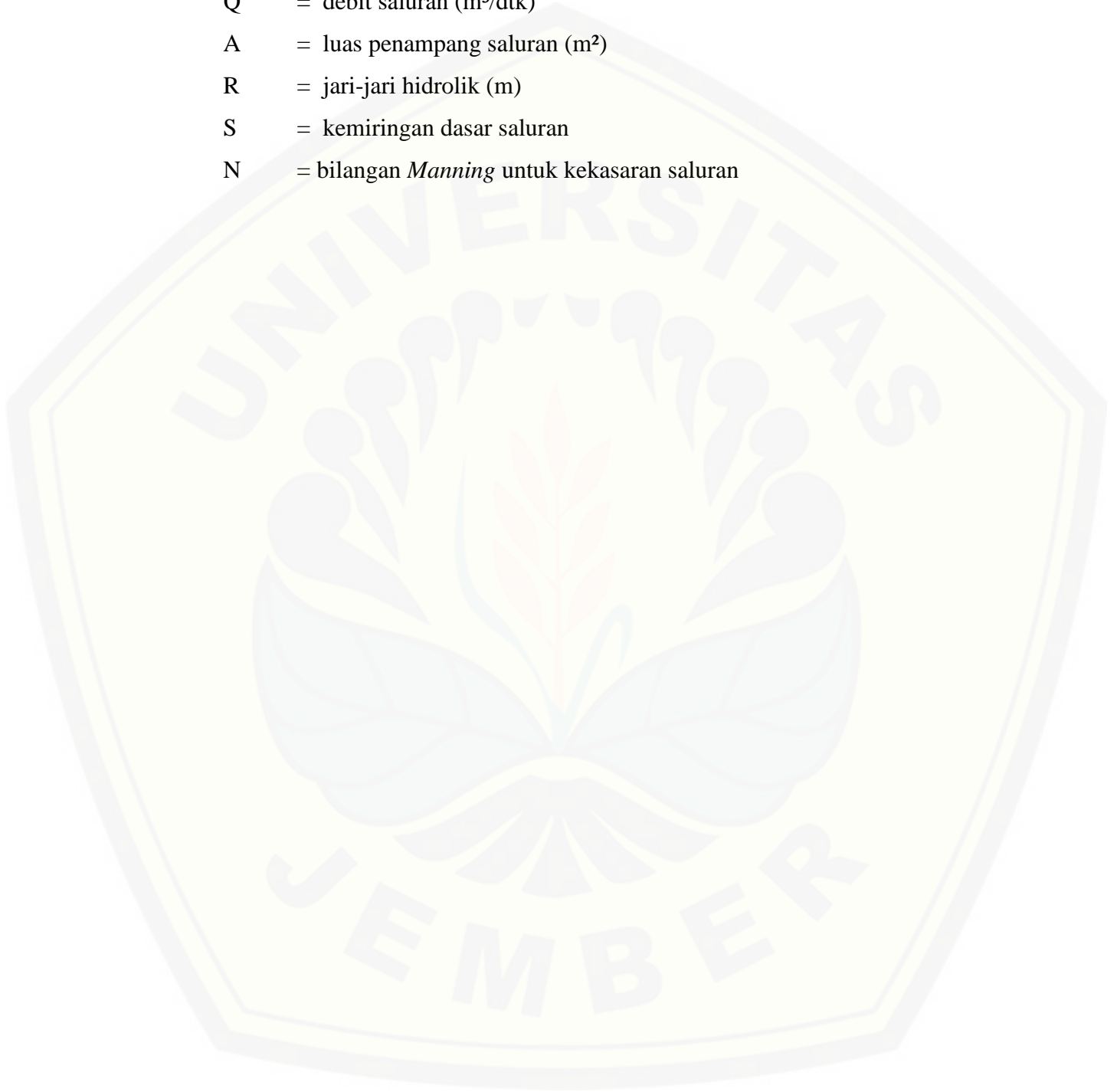
1. *Node Invert* : Titik Elevasi
2. *Node Max Depth* : Kedalaman Maksimum
3. *Node Pounded Area* : Tergenang di Area
4. *Conduit Length* : Panjang saluran
5. *Conduit Geometry* : *Conduit* geometri
6. *Conduit Roughness* : *Conduit* kekasaran
7. *Flow Units* : Unit aliran
8. *Link Offset* : *Link offset* konveksi
9. *Routing Method* : Metode *routing*

Pemodelan menggunakan SWMM membutuhkan input yang lengkap agar *running* untuk simulasi memberikan hasil yang berkesuaian. Dalam pemodelan ini *subcatchment* sangat berpengaruh terhadap limpasan air hujan yang dijumlahkan berdasarkan input area kedap air dan area tidak kedap air. Namun, *input* tersebut harus didukung oleh parameter yang jelas terutama pengaruh tipe tanah yang mengalami infiltrasi. Adapun rumus yang digunakan berdasarkan bentuk salurannya sebagai berikut

$$Q = W \frac{1.49}{n} (d - dp)^{\frac{5}{3}} \sqrt{S} \quad (2.15)$$

Dimana:

- Q = debit saluran ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )
- A = luas penampang saluran ( $\text{m}^2$ )
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = kemiringan dasar saluran
- N = bilangan *Manning* untuk kekasaran saluran

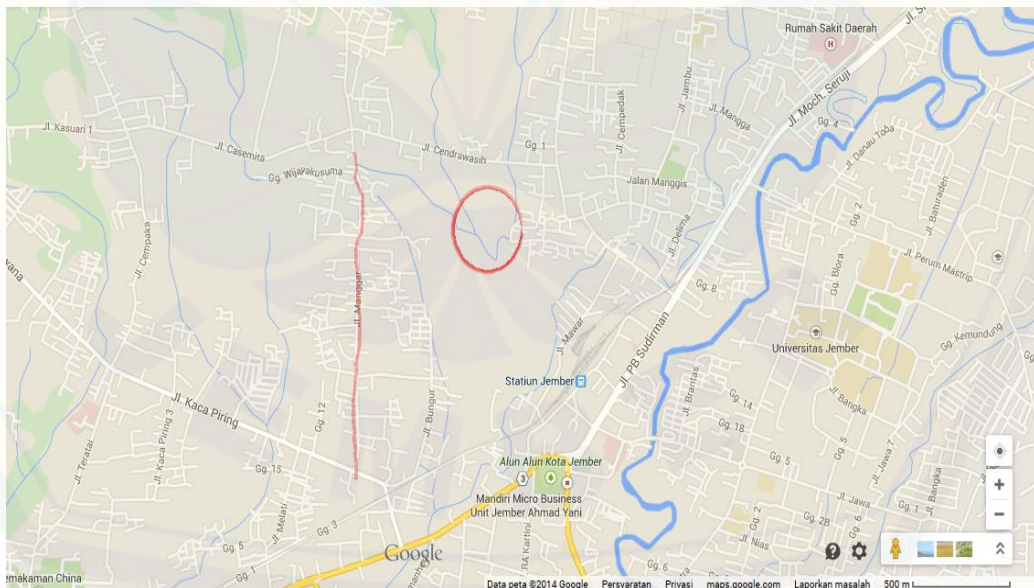


### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini, dibutuhkan data-data untuk diolah sebagai dasar penarikan kesimpulan. Oleh karena itu, metodologi penelitian perlu disusun agar pengambilan data-data dapat menghasilkan penarikan kesimpulan yang akurat. Metodologi penelitian adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dari awal penelitian sampai akhir penarikan kesimpulan secara sistematis.

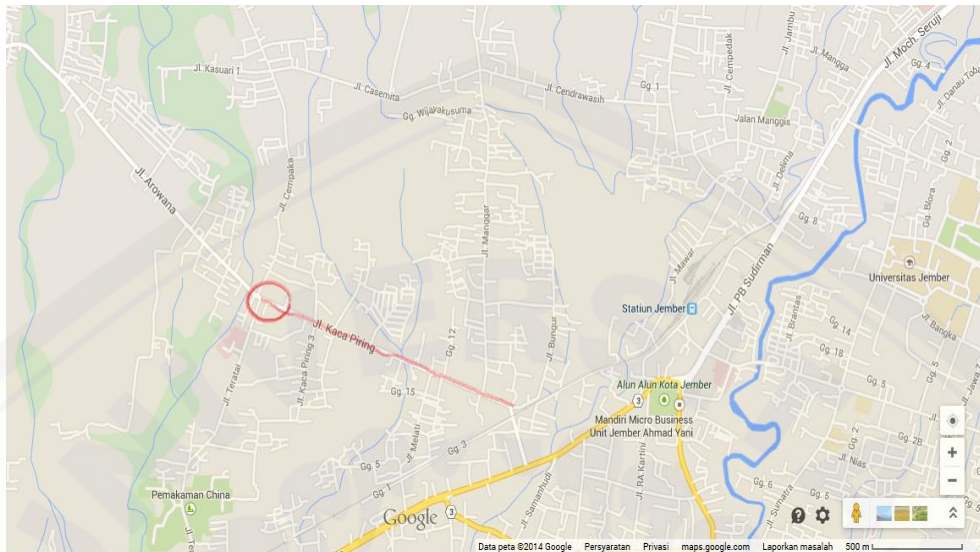
#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Jalan Manggar, Jalan Kaca Piring dan Jalan Teratai Kecamatan Patrang Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Lokasi penelitian dibatasi oleh Jalan Arowana pada sebelah barat dan pada sebelah timur dibatasi oleh sungai Kemuning, sebelah utara dibatasi oleh sungai Polo. Penelitian ini dimulai sejak bulan Oktober sampai selesai penyusunan tugas akhir ini. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1, 3.2, 3.3

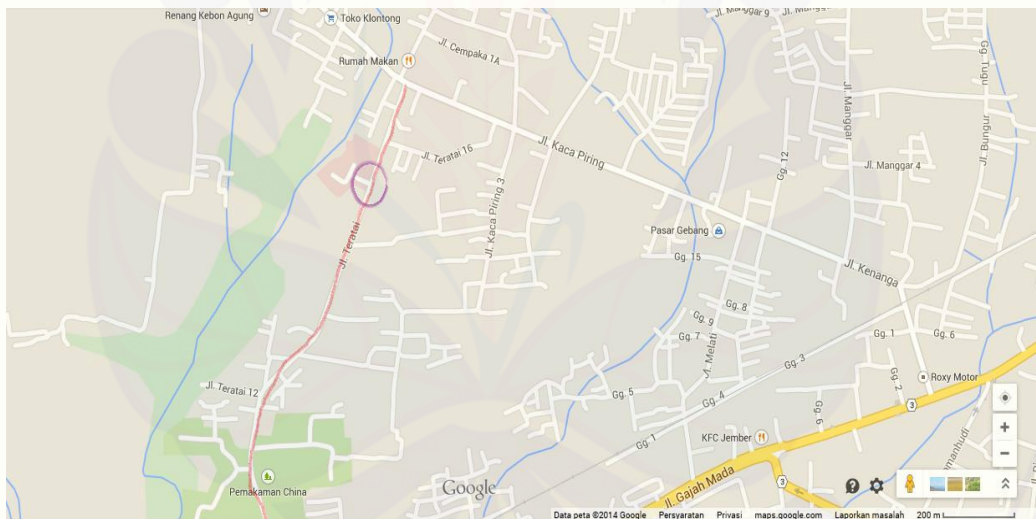


Gambar 3.1 Peta Situasi Jalan Manggar (*Google Maps*)





Gambar 3.2 Jalan kaca piring (*Google Maps*)



Gambar 3.3 Jalan teratai (*Google Maps*)

Pada gambar 3.1, 3.2 dan 3.3 merupakan lokasi penelitian yang ditunjukkan dengan garis warna merah dan mengalami genangan maupun banjir pada saat terjadi hujan. Hal ini dikarenakan karena berkurangnya lahan resapan air.

### 3.2 Sistematika Penelitian

Sistematika merupakan segala kegiatan dari awal penelitian sampai pada pengolahan data untuk menyimpulkan masalah dan menyelesaikan masalah. Adapun sistematika dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

##### 1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan tahun 1998-2014. Data curah hujan yang diambil dari pengukur curah hujan yang setidaknya harus mendekati lokasi penelitian.

##### 2. Peta

Peta diambil dari *Google Earth* kemudian digambarkan pada AutoCad dengan skala 1:1

#### 3.2.2 Survey Lapangan

Survey diperlukan untuk mengumpulkan data langsung dari lapangan. Data yang dikumpulkan yaitu topografi di lokasi penelitian yang dilakukan dengan melakukan pengukuran kontur-kontur dan pengukuran terhadap saluran yang diteliti seperti dimensi saluran, tinggi aliran air normal, dan kecepatan aliran. Selain itu, dilakukan pengamatan untuk mendapatkan data tataguna lahan yang akan digunakan untuk menentukan koefisien pengaliran yang akan diperhitungkan.

##### a. Survey Topografi

Survey ini dilakukan untuk mengetahui kemiringan (*slope*) dari saluran atau kemiringan di lokasi penelitian. Survey ini menggunakan alat *Total Station*. Survey dilakukan tiap 100 meter dengan penembakan melintang.

b. *Survey* Dimensi Saluran

*Survey* ini bertujuan untuk mengetahui perubahan dimensi saluran yang ada di lokasi penelitian.

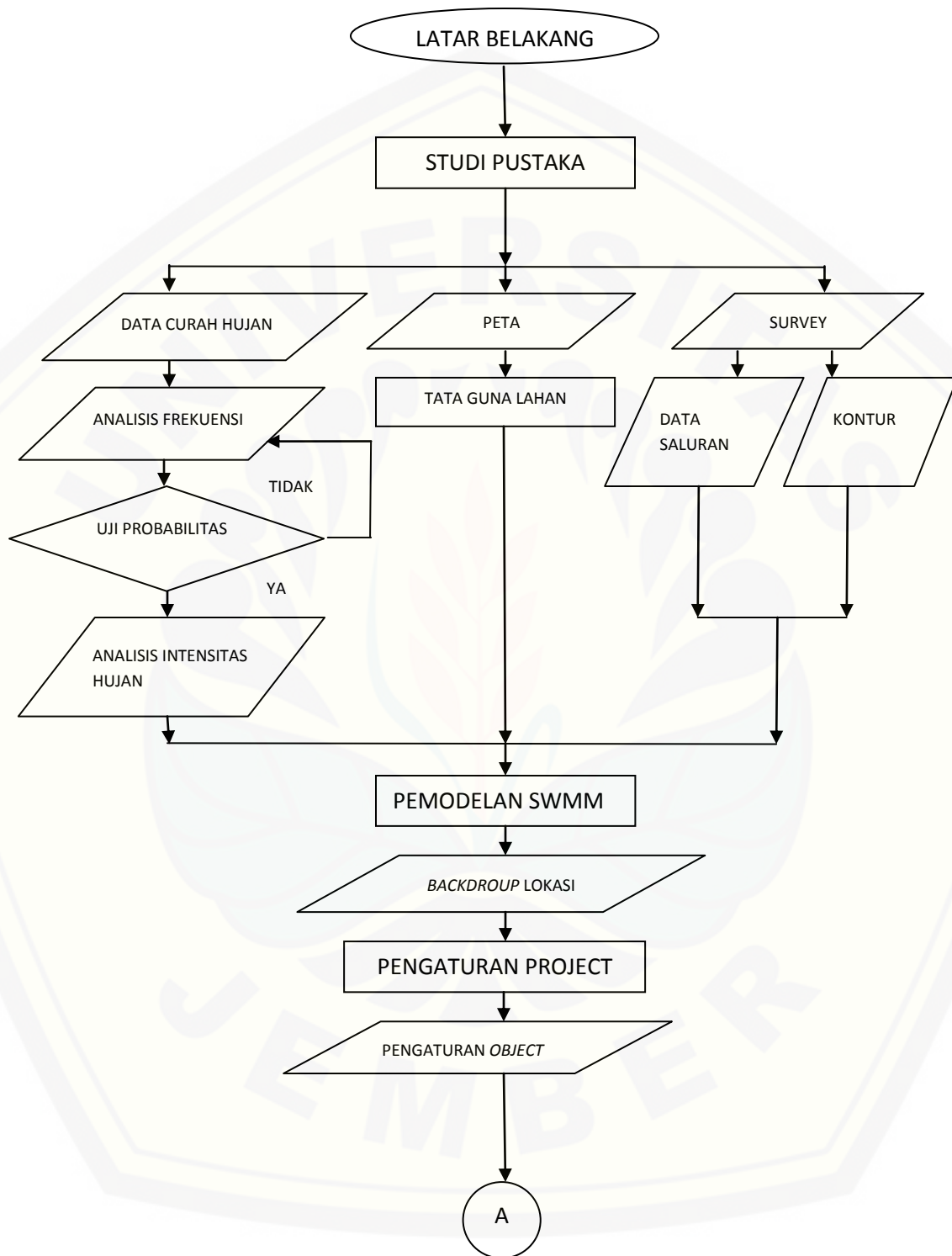
### 3.2.3 Analisis Hidrologi

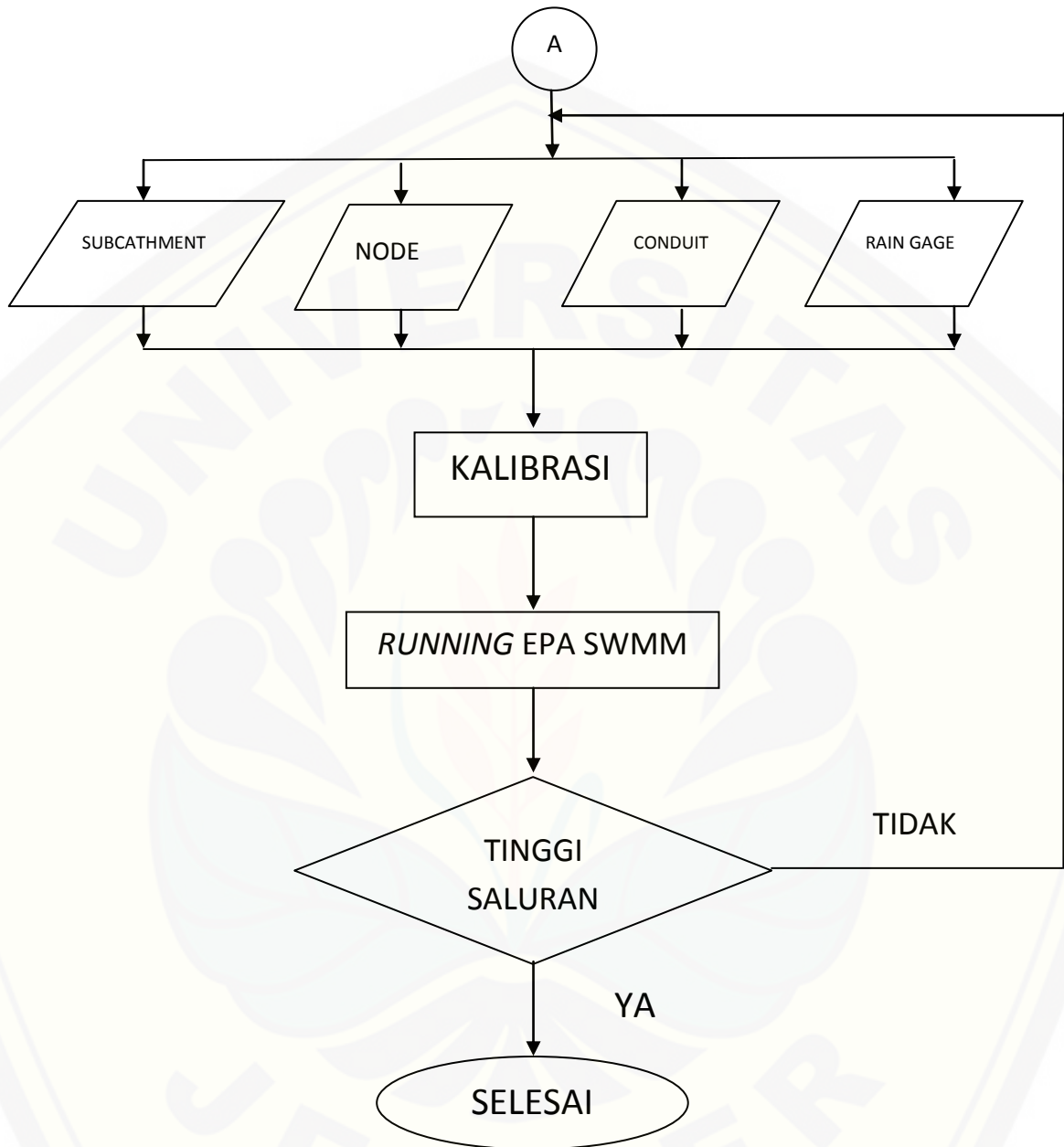
Analisis hidrologi digunakan untuk memperhitungkan hujan rancangan. Metode yang digunakan adalah analisis frekuensi, dimana pada analisis frekuensi ditentukan metode terbaik yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Kemudian, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung kala ulang sesuai kebutuhan saluran, baik primer, sekunder, tersier maupun kuarter. Hasil akhirnya adalah debit curah hujan dengan kala ulang tertentu.

### 3.2.4 Pemodelan menggunakan SWMM

Adapun langkah-langkah pembuatan model dalam *software* SWMM ini adalah sebagai berikut.

- a) *Backdrop* area penelitian.
- b) Input subcatchment diikuti dengan menginputkan luasan dengan skala 1:1, kemiringan lahan, *%impervious*, dan metode infiltrasi yang digunakan.
- c) Menginputkan data *junction* dan *conduit*. Elevasi titik *input* untuk *junction* dan dimensi saluran, panjang saluran, dan koefisien kekasaran sebagai *input* untuk *conduit*.
- d) Data curah hujan yang telah diolah menjadi intensitas jam-jaman, di inputkan sebagai *Rain Gage* pada *time series*.
- e) Kalibrasi
- e) Evaluasi hasil pemodelan SWMM.
- f) Saluran yang banjir dievaluasi kemudian dilakukan pemodelan ulang, dengan cara mengubah dimensi langsung sampai saluran tidak banjir.
- g) Selesai





Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi digunakan untuk memperkirakan hujan maksimum yang akan terjadi di lokasi penelitian dan juga sebagai pemilihan metode distribusi yang akan digunakan, dan perhitungan intensitas curah hujan jam-jaman sebagai input di *software* SWMM yang nantinya akan berpengaruh untuk kestabilan konstruksi dengan mengevaluasi salurannya.

#### 4.1.1 Curah Hujan Maksimum

Data curah hujan yang digunakan adalah data curah hujan harian maksimum yang didapatkan dari 2 stasiun hujan yaitu STA Kasmaran dan STA Sembah selama 17 tahun yakni dari tahun 1998-2014 yang kemudian dicari rata-ratanya. Data hujan harian maksimum dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Hujan Harian Maksimum

Tahun	STA Kasmaran	STA Sembah	Rata-rata (mm)	Tahun	STA Kasmaran	STA Sembah	Rata-rata (mm)
1998	97	89	93	2007	68	90	79
1999	95	62	79	2008	87	60	74
2000	95	97	96	2009	87	60	74
2001	95	68	82	2010	87	64	76
2002	95	85	90	2011	68	60	64
2003	137	90	114	2012	67	40	54
2004	84	60	72	2013	105	105	105
2005	77	90	84	2014	87	40	64
2006	110	160	135				

Sumber: Dinas Pengairan Kabupaten Jember

Berdasarkan tabel 4.1 curah hujan tertinggi pada tahun 2006 yaitu 135 mm, sedangkan terendah adalah 53,5 mm pada tahun 2012.

#### 4.1.2 Analisis Frekuensi Data Hujan

Berbagai macam metode statistik yang dapat digunakan untuk menganalisis frekuensi suatu data yaitu, Distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, dan Log Pearson III. Dari perhitungan statistik debit akan didapatkan beberapa parameter yaitu skewness, koefisien variasi dan nilai tengah, dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hitungan Statistik Debit Saluran Drainase

<b>n</b>	17	17
<b>X</b>	84,147	4,408
<b>Si</b>	20,034	0,227
<b>Cs</b>	1,035	0,377
<b>Ck</b>	1,391	0,428
<b>Cv</b>	0,238	0,052
<b>Median</b>	79,000	4,369

Hasil perhitungan tabel 4.2 digunakan untuk menentukan metode distribusi dengan memasukkan beberapa parameter yang mendekati sebagai penentuan pola dasar perhitungan analisis frekuensi yang selanjutnya akan digunakan pada perhitungan uji Probabilitas.

Pola dasar distribusi dibagi menjadi 4 metode yaitu Gumbel, Normal, Log Normal, Log Pearson Type III. Karena masing-masing distribusi mempunyai sifat yang khas sehingga pemilihan distribusi yang tidak benar dapat menimbulkan kesalahan baik *over estimate* maupun *under estimate* (Sri Harto, 2000) dapat dilihat pada tabel 4.3 Parameter Statistik untuk penentuan pola Distribusi hujan

Tabel 4.3 Parameter Statistik untuk penentuan pola Distribusi hujan

No	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	$(\bar{X} \pm s)$ $(\bar{X} \pm 2s)$ $C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$
2	Log Normal	$C_s = cv^3 + 3cv$ $C_k = cv^3 + 6cv^6 + 15cv^4 + 16cv^2 + 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,14$ $C_k = 5,4$
4	Log Pearson	Selain di atas

Sumber: Bambang triadmojo, 2009

Pada tabel 4.3 didapatkan parameter yang mendekati persyaratan adalah metode Log Pearson III, dimana  $C_s \neq 0$  dan  $C_v \approx 0$  atau selain persyaratan lainnya yang di atasnya. Hasil perbandingan persyaratan dari keempat metode dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hujan Rencana Dengan Kala Ulang T (tahun)

Kala Ulang T (tahun)	Normal Xt (mm)	Log Normal Xt (mm)	Gumbel Xt (mm)	Log-Pearson Xt (mm)
2	84.147	110.631	80.856	80.921
5	101.008	110.631	98.561	98.825
10	109.822	110.631	110.283	110.631

Dari tabel 4.4 diperoleh besar curah hujan rencana beberapa periode ulang (T) tahun. Berdasarkan tabel 4.4 parameter statistik yang memenuhi persyaratan digunakan dalam pengujian probabilitas yaitu parameter Log Pearson, sehingga distribusi Log Pearson digunakan dalam perhitungan terhadap *Uji Smirnov-Kolmogorov*.



#### 4.1.3 Uji Distribusi Probabilitas

Berdasarkan perhitungan pada uji Smirnov-Kolmogorov distribusi mewakili yang terbaik adalah distribusi log Pearson III dari tabel 4.5. Hasil uji menunjukkan bahwa dengan menggunakan uji Smirnov-Kolmogorov, didapatkan nilai  $D_o = 0,074$  dan  $D$  Kritis =  $0,320$ .

Tabel 4.5 Uji Smirnov-Kolmogorov untuk distribusi Log Pearson III

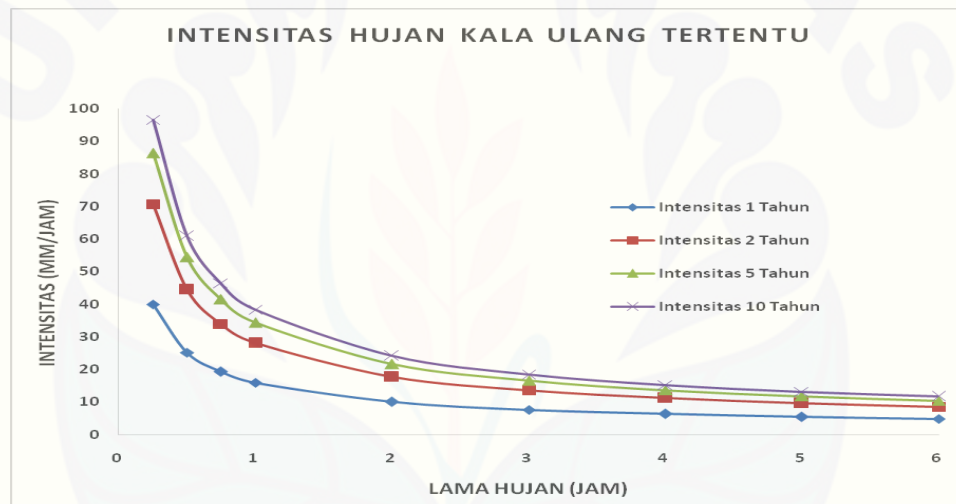
Debit (m <sup>3</sup> /dt)	m	P = m/(N+1)	LOG-PEARSON III	
			P(x >= Xm)	Do
135	1	0.056	0.022	0.033
113.5	2	0.111	0.084	0.027
105	3	0.167	0.14	0.027
96	4	0.222	0.234	0.012
93	5	0.278	0.276	0.002
90	6	0.333	0.323	0.01
83.5	7	0.389	0.445	0.056
81.5	8	0.444	0.487	0.043
79	9	0.5	0.543	0.043
78.5	10	0.556	0.554	0.001
75.5	11	0.611	0.623	0.012
73.5	12	0.667	0.67	0.003
73.5	13	0.722	0.67	0.053
72	14	0.778	0.704	0.074
64	15	0.833	0.868	0.035
63.5	16	0.889	0.877	0.012
53.5	17	0.944	0.982	0.038
<b>DKritis</b>	<b>0.32</b>		<b>Diterima</b>	<b>0.074</b>

#### 4.1.4 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan diperlukan untuk perhitungan debit limpasan hujan. Namun, untuk perhitungan menggunakan software SWMM, intensitas hujan digunakan untuk input pada *time series*. Intensitas yang dimasukkan berupa intensitas hujan jam-jaman. Perhitungan intensitas hujan menggunakan rumus *mononobe* (Suripin, 2004:67). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.1

Tabel 4.6 Intensitas Hujan Jam-jaman Kala Ulang 2, 5 dan 10

Durasi Menit	Periode Ulang (Tahun)					Durasi Menit	Periode Ulang (Tahun)				
	1	2	5	10	20		1	2	5	10	20
5	83.22	147.04	179.58	201.03	221.66	50	17.93	31.68	38.69	43.31	47.75
10	52.42	92.63	113.13	126.64	139.64	55	16.82	29.73	36.31	40.64	44.81
15	40.01	70.69	86.33	96.65	106.56	60	15.88	28.05	34.26	38.35	42.29
20	33.02	58.35	71.27	79.78	87.96	120	10	17.67	21.58	24.16	26.64
25	28.46	50.29	61.41	68.75	75.81	180	7.63	13.49	16.47	18.44	20.33
30	25.2	44.53	54.39	60.88	67.13	240	6.3	11.13	13.6	15.22	16.78
35	22.74	40.18	49.07	54.94	60.57	300	5.43	9.59	11.72	13.12	14.46
40	20.8	36.76	44.89	50.26	55.41	360	4.81	8.5	10.38	11.62	12.81
45	19.23	33.98	41.5	46.46	51.23						



Gambar 4.1 Grafik Intensitas Hujan Jam-Jaman

Hasil dari tabel 4.6 dan gambar 4.1 membuktikan bahwa sifat hujan yaitu semakin besar periode ulangnya maka makin tinggi pula intensitas hujannya (Suripin, 2004).

## 4.2 Evaluasi Drainase

Evaluasi ini bertujuan untuk menganalisis daerah yang mengalami banjir.

### 4.2.1 Kondisi Topografi

Kondisi topografi merupakan representasi dari permukaan bumi. Kondisi topografi bertujuan memberi informasi ketinggian kontur, serta gambaran penampang saluran. Dengan adanya kondisi topografi mempermudah dalam menganalisa arah aliran berdasarkan kemiringan saluran.

#### a. Topografi Jalan Manggar

Tabel 4.8 merupakan tabel kemiringan sisi drainase sebelah kanan Jalan Manggar. Kemiringan untuk potongan memanjang diawali titik 0.00 dimulai dari 200 meter dari perempatan Jalan Cendrawasih, Manggar, Manyar dan Merak dan diakhiri pada titik 1.300 yang terletak di pertigaan Jalan Kenanga, Bungur, Manggar. Seluruh panjang jalan yang dilalui yaitu 1100 m. Kemiringan saluran drainase mengalir menuju Sungai Jompo. Untuk gambar potongan memanjang dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.7 Kemiringan Drainase Sisi Kanan Jalan Manggar

Titik	Kemiringan
200-1300	1,54 %

#### b. Topografi Jalan Kaca Piring

Kemiringan potongan memanjang Jalan Kaca Piring dimulai dari titik 0.00 yang berada pada perempatan ke arah Jalan Kaca Piring dari arah Jalan Arowana dan berakhir pada titik 0.550 yang berada pada pertigaan Jalan Kaca piring menuju Jalan Bungur. Untuk potongan memanjang Jalan Kaca piring memiliki 2 arah aliran, yaitu arah aliran pada titik 0.000-0.200 mengalir menuju Jalan Arowana, sedangkan pada titik 0.200-0.550 mengalir menuju Sungai Jompo.

Untuk potongan memanjang drainase Jalan Kaca Piring memiliki kemiringan sebesar 0,92% untuk aliran yang menuju Jalan Arowana, sedangkan aliran yang menuju Jalan Bungur memiliki kemiringan sebesar 1,29%.

c. Topografi Jalan Teratai

Untuk potongan memanjang Jalan Teratai, titik 0.00 dimulai dari perempatan Kaca Piring dan diakhiri di pemakaman China pada titik 1.000. Potongan memanjang Jalan Teratai mempunyai 3 kemiringan, yaitu sebesar 0,13% pada titik 0.00 sampai titik 0.200, 0,10% pada titik 0.200-0.400 dan 0.18% pada titik 0.400-1.000.

#### 4.2.2 Sistem Jaringan Drainase

Sistem jaringan drainase merupakan sebuah sistem dimana berfungsi untuk mengatasi persoalan kelebihan air dipermukaan tanah maupun dibawah bawah tanah dengan cara mengalirkan, menguras, ataupun dengan mengalihkan air sehingga difungsikan secara optimal sesuai dengan kebutuhan (Suripin, 2004). Sistem drainase ini dapat menunjukkan arah aliran air pada suatu lokasi yang digambarkan dengan tanda panah warna hijau yang dapat dilihat pada lampiran 6.

a. Sistem Drainase Jalan Manggar

Sistem drainase pada Jalan Manggar merupakan buangan air pemukiman warga (M48, M47, M46, M45, M44, M43, M42, M41, M40, M39, M38, M37, M36) yang kemudian mengalir menuju sistem drainase Manggar dan bermuara di Sungai Jompo.

b. Sistem Drainase Jalan Kaca Piring

Sistem drainase pada Jalan Kaca Piring menerima buangan air (K20, K19, K18, K17, K16, K15, K14, K13, K12). Sungai Apung merupakan *outfall* (O11 dan O12) dalam pemodelan *SWMM*.

c. Sistem Drainase Jalan Teratai

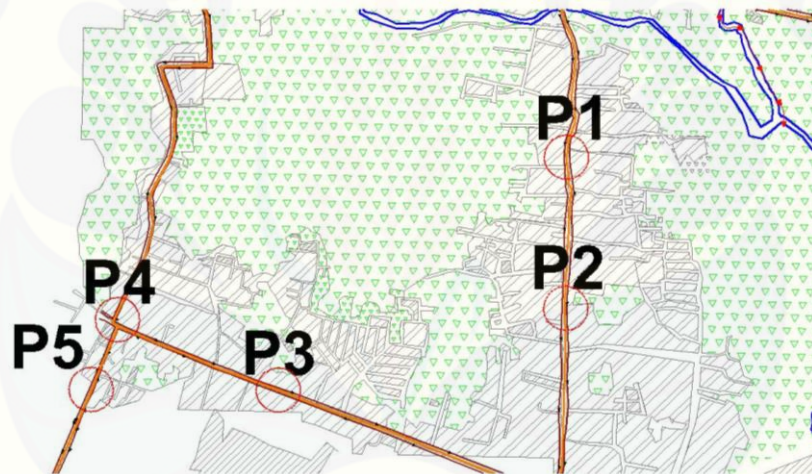
Sistem drainase pada Jalan Teratai menerima buangan air (T26, T25, T24,

T23, T22, T21, T20, T18, T17).

Berdasarkan survei dilapangan arah aliran limpasan air menuju Sungai Jompo dan Sistem jaringan drainase Arowana. Lampiran 6 merupakan gambar keseluruhan sistem jaringan.

#### 4.2.3 Lokasi Banjir

Lokasi banjir ditandai pada gambar 4.2 yang terjadi di Jalan Manggar (P1, P2), Kaca Piring (P3) dan Teratai (P4, P5). Banjir teridentifikasi saat terjadi hujan. Saat hujan, dilakukan survey langsung di lapangan sehingga mendapatkan hipotesis awal mengenai penyebab terjadinya banjir lokasi penelitian. Hasil pengamatan langsung di lapangan kemudian diteliti melalui pemodelan SWMM.



Gambar 4.2 Lokasi Banjir

Lokasi banjir pada gambar 4.2 yang terjadi di Jalan Manggar, Kaca Piring dan Teratai teridentifikasi saat hujan berlangsung. Survey dilakukan pada saat hujan berlangsung sehingga mendapatkan hipotesis awal mengenai penyebab terjadinya genangan di lokasi penelitian. Dengan pengamatan langsung didapatkan hipotesa awal penyebab genangan kemudian diteliti melalui pemodelan SWMM.

#### 4.2.4 Kalibrasi Pemodelan SWMM

Kalibrasi dilakukan untuk menyesuaikan antara hasil simulasi dan fakta di lapangan. Kalibrasi ini dilakukan dengan membandingkan tinggi air hasil pemodelan SWMM dan fakta di lapangan. Tinggi air yang digunakan sebagai data fakta lapangan adalah data tinggi air pada saat survey dengan curah hujan 38 mm. Rekapitulasi kalibrasi pemodelan SWMM pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Rekapitulasi Kalibrasi Pemodelan SWMM

CONDUIT	TINGGI SWMM	TINGGI OBSERVASI	% ERROR
C156	29,8	32	6,625%

Berdasarkan tabel 4.8 tinggi lapangan dengan tinggi dipemodelan SWMM untuk C156 sebesar 32 cm dengan error 0,0625 (6,625%). Kalibrasi dengan kesalahan tertentu dapat disesuaikan dengan mengubah parameter nilai % *impervious*. Nilai yang diubah pada % *impervious*, dapat mengubah jumlah limpasan yang dialirkan pada saluran sehingga nilainya bisa bertambah atau berkurang disesuaikan dengan fakta di lapangan. Contoh perhitungan:

$$\% \text{ error} = \left( \frac{(\text{tinggi swmm} \times \text{tinggi saluran di lapangan}) - \text{tinggi air dilapangan}}{\text{tinggi air dilapangan}} \right) \times 100\%$$

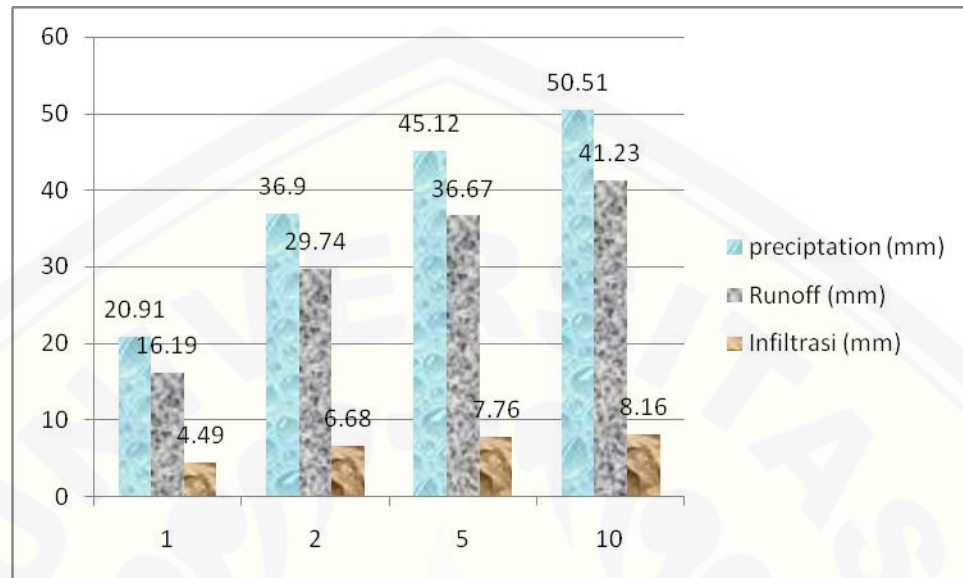
$$\% \text{ error} = \left( \frac{(0,498 \times 60) - 32}{32} \right) \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = 6,625\%$$

#### 4.2.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrologi

Pemodelan drainase dilakukan untuk mensimulasikan limpasan hujan yang terjadi pada lokasi penelitian. Pada evaluasi ini ini diketahui bahwa semakin tinggi curah hujan setiap kala ulang berbanding lurus dengan penambahan *runoff* dan infiltrasi. Akan tetapi antara infiltrasi dan *runoff* berbanding terbalik. Apabila *runoffnya* lebih besar dari infiltrasi dapat disebutkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah *impervious* begitu pula sebaliknya. Rekapitulasi Hasil *Runoff*

SWMM dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Rekapitulasi Hasil *Runoff* SWMM

Berdasarkan gambar 4.9 (rekapitulasi Hasil *Runoff* SWMM) diketahui bahwa lokasi penelitian memiliki curah hujan yang tinggi, tetapi tidak diimbangi dengan nilai infiltrasi yang memadai sehingga air hujan menjadi *runoff* (limpasan). Dengan nilai *runoff* yang lebih tinggi daripada infiltrasi dapat meningkatkan potensi banjir untuk meminimalisir kejadian tersebut diperlukan pemeliharaan secara berkala, perbaikan dan meningkatkan kapasitas saluran dengan cara pengerukkan sedimen, melakukan perubahan dimensi saluran.

#### 4.2.6.1 Evaluasi Kondisi Eksisting Hidrolik Saluran

Evaluasi pada kondisi eksisting hidrolik saluran bertujuan untuk mengamati saluran yang tidak mampu menampung limpasan yang terjadi pada kala ulang 1, 2, 5, dan 10 tahun. Perencanaan saluran digunakan pada kala ulang 10 tahun karena memiliki debit yang paling besar sehingga dianggap lebih aman untuk melakukan perencanaan. Node Banjir Hasil Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Node Banjir Hasil Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

```

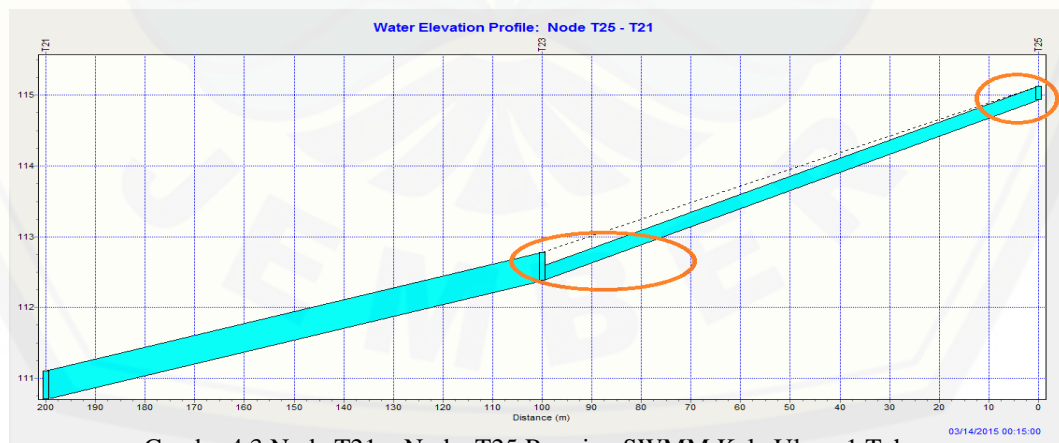
*****
Node Flooding Summary
*****

Flooding refers to all water that overflows a node, whether it ponds or not.
-----

```

Node	Hours Flooded	Maximum Rate CMS	Time of Max Occurrence days hr:min	Total Flood Volume 10 <sup>6</sup> ltr	Maximum Poned Volume 1000 m3
T23	0.17	0.040	0 00:14	0.015	0.000
T25	0.17	0.050	0 00:20	0.017	0.000
K13	0.13	0.038	0 00:15	0.011	0.000
K16	0.17	0.087	0 00:15	0.029	0.000
M3	0.28	0.120	0 00:15	0.084	0.000
M5	0.46	0.225	0 00:15	0.180	0.000
M6	1.47	0.584	0 00:15	0.772	0.000
M17	0.28	0.435	0 00:15	0.293	0.000
M37	0.14	0.035	0 00:15	0.009	0.000

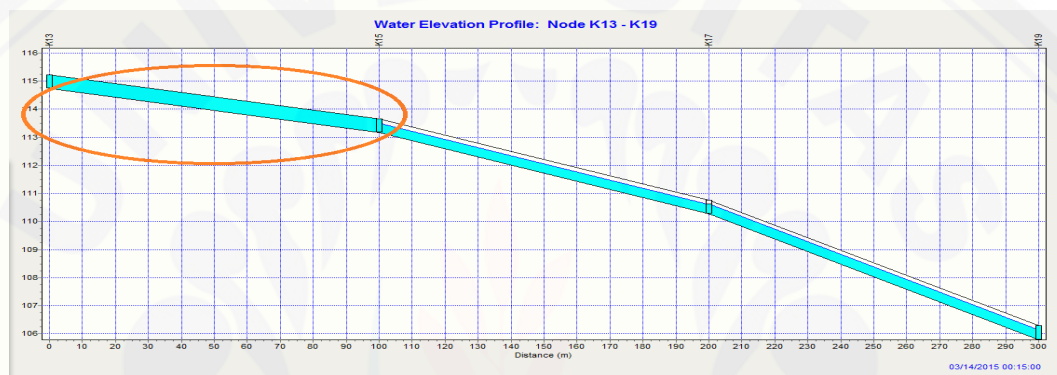
Berdasarkan tabel 4.10 diatas terdapat 9 titik lokasi banjir dari hasil running SWMM kala ulang 1 tahun. Dimana volume terbesar di M6 yaitu 0,584 m<sup>3</sup>/s yang terletak di jalan Manggar dan terendah di K13 berada di jalan Kasuari sebesar 0,035 m<sup>3</sup>/s. Hasil running pada node T21 – Node T25 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar4.3 Node T21 – Node T25 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

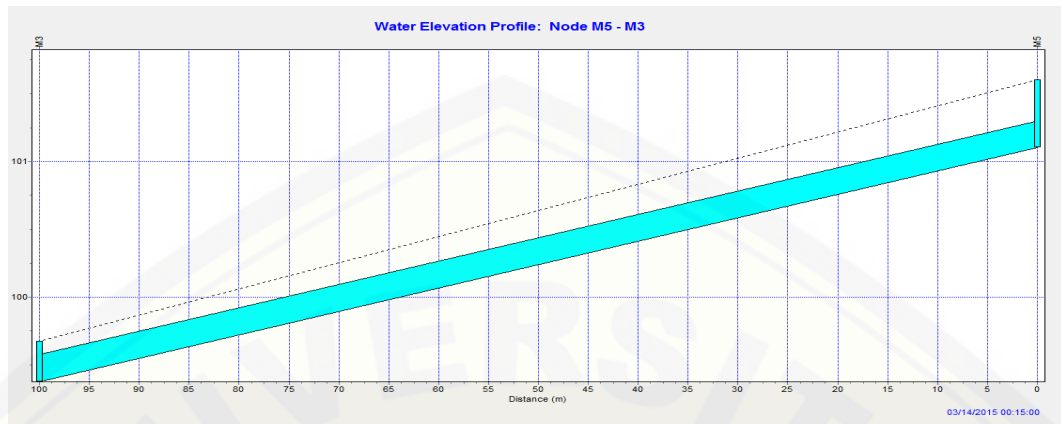


Dari gambar 4.3 di atas diketahui bahwa pada junction T25 dan T23 menunjukkan terjadinya banjir karena dimensi saluran yang tidak dapat menampung limpasan dari saluran dari jalan Kaca Piring dan jalan Cempaka serta masuknya dari subcatchmen 142, 2, 137 dan subcatchmen 3. Hal ini juga dipengaruhi topografi daerah tersebut yang berbentuk cekung sehingga aliran air seperti mengumpul di titik tersebut. Hasil running pada *node* K13–Node K19 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada gambar 4.4



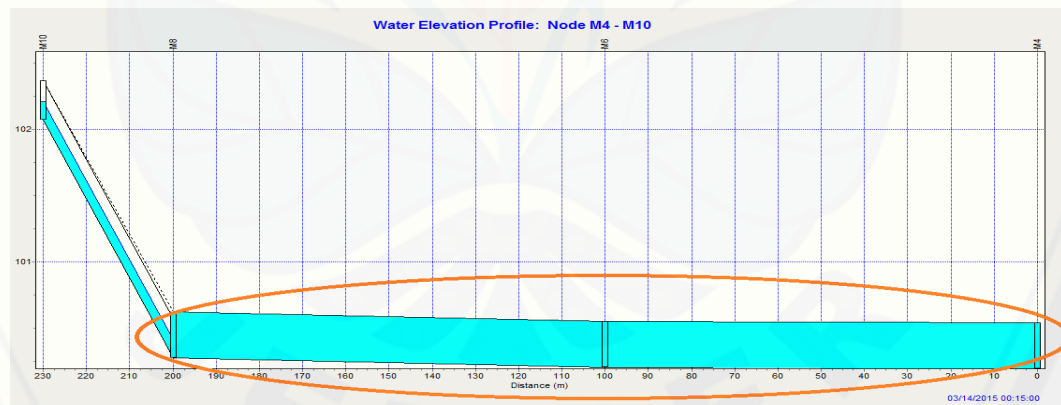
Gambar4.4 Node K13–Node K19 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

Hasil running SWMM (gambar 4.4) menunjukkan bahwa banjir terjadi pada node K13 dan node K16. Hal ini disebabkan karena saluran yang terlalu landai sehingga menyebabkan aliran air melambat sehingga air melimpas keluar dari saluran. Hasil running pada *node* M5–M3 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar4.5 Node M5–M3 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

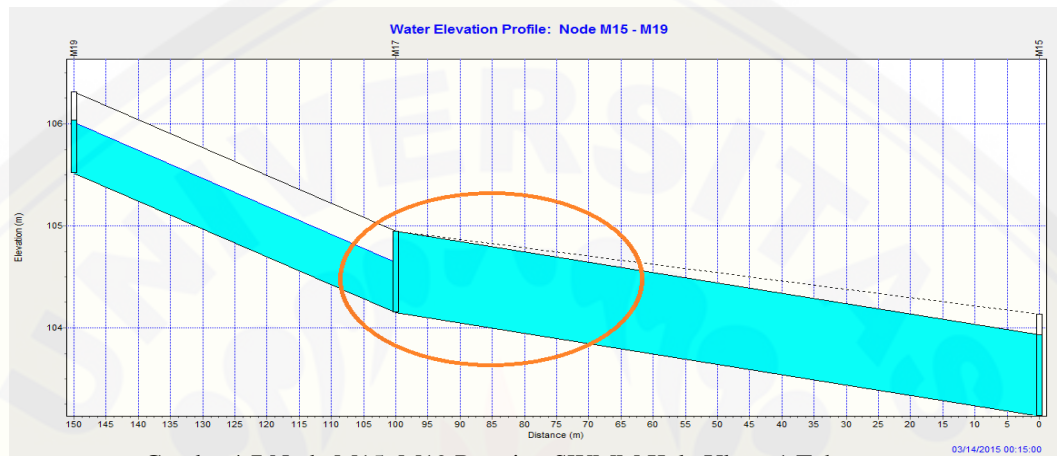
Gambar 4.5 menunjukkan banjir terjadi pada node M5 dan M3. Pada node M3 dan M5 terjadi banjir dikarenakan saluran yang ukurannya mengecil diakibatkan penumpukan sedimen berupa sampah dan tanah hal ini mengakibatkan aliran air menjadi terhambat sehingga terjadinya limpasan air. Hasil running pada *node* M4–M10 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar4.6 Node M4–M10 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

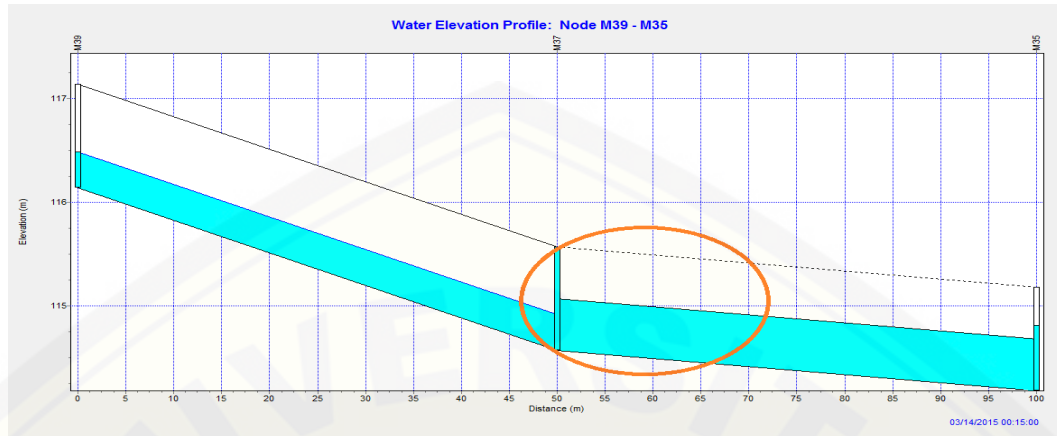
Gambar 4.6 menunjukkan banjir terjadi pada node M6. Pada node M6 ini banjir disebabkan karena elevasi saluran yang landai serta dimensi saluran yang mengecil diakibatkan banyaknya sedimentasi serta tertutupnya saluran sudetan

di depan (tidak berfungsi) akibat penumpukan sampah warga sekitar. Hasil running pada *node* M15–M19 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar4.7 Node M15–M19 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

Gambar 4.7 menunjukkan banjir terjadi pada node M17. Pada node M17 limpasan terjadi dikarenakan saluran drainase pada node M15 yang sangat curam sehingga menyebabkan aliran air turun dengan deras tetapi pada saluran selanjutnya M17 dan M19 elevasinya landai sehingga aliran air melambat. Hal ini menyebabkan penumpukan air pada node M17. Hasil running pada *node* M35–M39 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar4.8 Node M35–M39 Running SWMM Kala Ulang 1 Tahun

Gambar 4.8 menunjukkan banjir terjadi pada node M37. Pada node M37 limpasan terjadi dikarenakan saluran drainase pada node M35 yang sangat curam sehingga menyebabkan aliran air turun dengan deras tetapi pada saluran selanjutnya M37 dan M39 elevasinya landai sehingga aliran air melambat. Hal ini menyebabkan penumpukan air pada node M37.

Pada kala ulang 2, 5 dan 10 Tahun mengalami penambahan titik banjir dikarenakan intensitas hujan yang semakin tinggi dijelaskan pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Rekapitulasi Node Banjir

KALA ULANG (TAHUN)												
1		2		5				10				
T23	M6	T23	M5	M28	T5	K12	M8	K2	T5	K10	M3	M24
T25	M17	T25	M6	M37	T10	K13	M17		T10	K11	M5	M28
K13	M37	K12	M8		T13	K16	M21		T13	K12	M6	M37
K16		K13	M17		T23	M3	M24		T23	K13	M8	K2
M3		K16	M21		T25	M5	M28		T25	K16	M17	
M5		M3	M24		K10	M6	M37		K9	K17	M21	

Penambahan Node

Tabel 4.11 menjelaskan bahwa setiap tahun mengalami penambahan node banjir.

### 4.3 Perencanaan Saluran Baru

#### 4.3.1 Perubahan Dimensi Saluran

Rekapitulasi dimensi saluran yang mengalami banjir pada simulasi SWMM, dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Rekapitulasi Dimensi Saluran yang Banjir

Junction	Conduit	b	h	Bentuk Saluran
T5	C94	0.4	0.4	TRAPEZOID
T10	C82	0.5	0.4	TRAPEZOID
T13	C90	0.4	0.4	TRAPEZOID
T23	C75	0.3	0.3	RECT_OPEN
T25	C74	0.2	0.5	RECT_OPEN
K2	C173	0.6	0.6	RECT_CLOS
K9	C241	0.6	0.6	TRAPEZOID
K10	C107	0.6	0.4	TRAPEZOID
K11	C100	0.4	0.6	RECT_OPEN
K12	C108	0.4	0.5	RECT_OPEN
K13	C101	0.5	0.45	TRAPEZOID
K16	C110	0.5	0.5	RECT_OPEN
K17	C103	0.5	0.4	RECT_OPEN
M3	C252	0.3	0.3	RECT_CLOSE
M5	C160	0.2	0.4	RECT_OPEN
M6	C136	0.3	0.6	RECT_OPEN
M8	C135	0.35	0.4	RECT_OPEN
M17	C154	0.8	0.4	RECT_OPEN
M21	C152	0.6	0.6	TRAPEZOID
M23	C151	0.4	0.7	RECT_OPEN
M24	C127	0.45	0.6	RECT_OPEN
M28	C125	0.4	0.6	RECT_CLOSE
M37	C144	0.5	0.8	RECT_CLOS

Tabel 4.12 menunjukkan bentuk dan dimensi pada saluran yang mengalami banjir pada kala ulang 10 Tahun untuk disimulasi melalui *software* SWMM. Kala ulang 10 tahun digunakan sebagai acuan dalam perencanaan karena pada kala ulang ini memiliki intensitas hujan yang paling tinggi yang dapat dijadikan acuan dalam perbaikan. Perbaikan saluran dijelaskan pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Perbaikan Dimensi Saluran

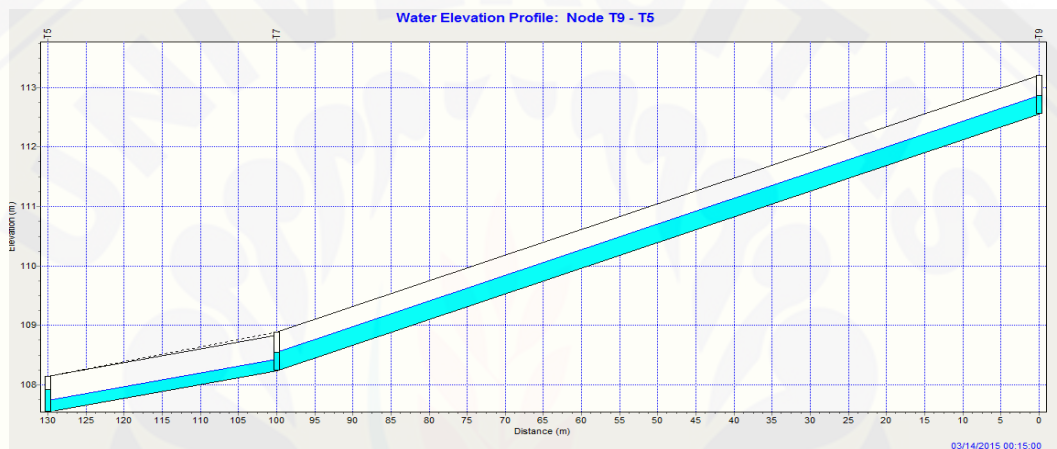
<b>Junction</b>	<b>Conduit</b>	<b>b</b>	<b>h</b>	<b>Bentuk Saluran</b>
<b>T5</b>	C94	0.4	0.5	TRAPEZOID
<b>T10</b>	C82	0.6	0.6	TRAPEZOID
<b>T13</b>	C90	0.4	0.5	TRAPEZOID
<b>T23</b>	C75	0.5	0.5	RECT_OPEN
<b>T25</b>	C74	0.4	0.5	RECT_OPEN
<b>K2</b>	C173	0.7	0.6	RECT_CLOS
<b>K9</b>	C241	0.7	0.6	TRAPEZOID
<b>K10</b>	C107	0.7	0.4	TRAPEZOID
<b>K11</b>	C100	0.6	0.45	RECT_OPEN
<b>K12</b>	C108	0.7	0.5	RECT_OPEN
<b>K13</b>	C101	0.5	0.5	TRAPEZOID
<b>K16</b>	C110	0.6	0.5	RECT_OPEN
<b>K17</b>	C103	0.5	0.5	RECT_OPEN
<b>M3</b>	C252	0.6	0.6	RECT_CLOSE
<b>M5</b>	C160	0.6	0.6	RECT_OPEN
<b>M6</b>	C136	0.5	0.6	RECT_OPEN
<b>M8</b>	C135	0.4	0.4	RECT_OPEN
<b>M17</b>	C154	0.8	0.4	RECT_OPEN
<b>M21</b>	C152	0.6	0.6	TRAPEZOID
<b>M23</b>	C151	0.4	0.7	RECT_OPEN
<b>M24</b>	C127	0.5	0.6	RECT_OPEN
<b>M28</b>	C125	0.5	0.6	RECT_CLOSE
<b>M37</b>	C144	0.7	0.8	RECT_CLOS

Tabel 4.13 menunjukkan adanya perubahan dimensi saluran yang mengalami banjir maupun genangan dengan melakukan percobaan berulang kali pada running software SWMM dan menyesuaikan keadaan dilapangan,

dimana perubahan dimensi lebar maupun kedalaman disesuaikan dengan elevasi serta pembebasan lahan di daerah tersebut.

a) Jalan Teratai

Perubahan dimensi pada Jalan Teratai yang terletak di node T5 dapat mengatasi permasalahan genangan yang terjadi pada lokasi tersebut.



Gambar4.13 Node T9–T5 Running Setelah Perubahan Dimensi

Perubahan dimensi dilakukan karena saluran pada node T5 sudah tidak dapat menampung *runoff* dari subcatchment 11

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

Banjir terjadi pada Jalan Manggar (M3, M5, M6, M17, M37), Kaca Piring (K13, K16), dan Teratai (T23, T26) disebabkan beberapa faktor, yaitu; kurang mencukupinya dimensi saluran untuk menampung *runoff* yang ada; banyaknya sedimen pada saluran, elevasi saluran yang landai. *Software* Epa SWMM sendiri dapat menstimulasi agar saluran tersebut tidak banjir. Tetapi dalam tindakan nyata diperlukan pemeliharaan secara berkala, pengerukkan sedimen dan perlunya kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah pada saluran drainase.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Al Amin, Baitullah., 2009. *Diktat Drainase Perkotaan*. Jurusan Teknik Sipil, Palembang.
- Chow,V.T.,1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Harto,S., 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Kamiana,I.M., 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Subarkah, I. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Suripin. 2004. Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Wesli. 2008. Drainase Perkotaan. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Triatmodjo, bambang., 2008 Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Rossman, Lewis A. Storm Water Management Model User Manual Version 5.0. Cincinnati
- Soewarno, 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik. Bandung: Penerbit Nova
- Singh, Vijay P. 1992. Elementary Hydrology. PRENTICE HALL, Englewood Cliffs

LAMPIRAN 3

Kala Ulang 1 Tahun

\*\*\*\*\*  
Subcatchment Runoff Summary  
\*\*\*\*\*

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 <sup>6</sup> ltr	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
SUB1	20.91	0.00	0.00	4.81	15.04	0.35	0.15	0.719
SUB2	20.91	0.00	0.00	6.56	13.22	0.29	0.13	0.632
SUB3	20.91	0.00	0.00	4.72	16.49	0.19	0.14	0.789
SUB4	20.91	0.00	0.00	7.21	12.81	0.22	0.11	0.613
SUB5	20.91	0.00	0.00	4.72	16.17	0.05	0.03	0.773
SUB6	20.91	0.00	0.00	4.72	16.66	0.06	0.06	0.797
SUB7	20.91	0.00	0.00	4.72	16.73	0.12	0.10	0.800
SUB8	20.91	0.00	0.00	6.29	14.74	0.02	0.01	0.705
SUB9	20.91	0.00	0.00	4.72	16.78	0.02	0.01	0.803
SUB10	20.91	0.00	0.00	4.72	16.83	0.04	0.04	0.805
SUB11	20.91	0.00	0.00	4.72	16.67	0.02	0.02	0.797
SUB12	20.91	0.00	0.00	5.03	16.00	0.10	0.06	0.765
SUB13	20.91	0.00	0.00	5.03	16.22	0.13	0.10	0.776
SUB14	20.91	0.00	0.00	4.72	16.12	0.27	0.17	0.771
SUB75	20.91	0.00	0.00	4.72	16.25	0.14	0.09	0.777
SUB76	20.91	0.00	0.00	4.72	15.60	0.42	0.21	0.746
SUB77	20.91	0.00	0.00	4.72	16.10	0.22	0.13	0.770
SUB78	20.91	0.00	0.00	4.72	15.56	0.43	0.22	0.744
SUB79	20.91	0.00	0.00	4.72	16.07	0.18	0.11	0.769
SUB80	20.91	0.00	0.00	3.44	17.45	0.25	0.15	0.835
SUB81	20.91	0.00	0.00	1.31	18.81	0.42	0.19	0.900
SUB82	20.91	0.00	0.00	4.72	16.46	0.16	0.11	0.787
SUB88	20.91	0.00	0.00	5.03	14.35	1.32	0.42	0.686
SUB89	20.91	0.00	0.00	4.72	16.90	0.03	0.03	0.808
SUB90	20.91	0.00	0.00	4.72	16.51	0.12	0.09	0.790
SUB91	20.91	0.00	0.00	4.72	15.74	0.34	0.18	0.753
SUB94	20.91	0.00	0.00	4.72	16.01	0.38	0.20	0.766
SUB95	20.91	0.00	0.00	4.72	15.84	0.30	0.17	0.757
SUB96	20.91	0.00	0.00	4.72	16.47	0.18	0.13	0.788
SUB97	20.91	0.00	0.00	4.72	16.78	0.02	0.02	0.802
SUB98	20.91	0.00	0.00	4.72	16.90	0.00	0.00	0.808
SUB99	20.91	0.00	0.00	6.29	15.15	0.01	0.01	0.725
SUB100	20.91	0.00	0.00	4.72	16.69	0.00	0.00	0.798
SUB101	20.91	0.00	0.00	4.72	16.75	0.01	0.00	0.801
SUB102	20.91	0.00	0.00	4.72	15.56	0.50	0.25	0.744
SUB103	20.91	0.00	0.00	4.72	16.13	0.52	0.32	0.772
SUB104	20.91	0.00	0.00	4.72	16.17	0.17	0.11	0.773
SUB105	20.91	0.00	0.00	5.44	15.70	0.31	0.23	0.751
SUB106	20.91	0.00	0.00	3.44	17.24	0.37	0.21	0.825
SUB118	20.91	0.00	0.00	1.31	19.40	0.31	0.18	0.928
SUB119	20.91	0.00	0.00	1.31	19.49	0.62	0.36	0.932
SUB120	20.91	0.00	0.00	1.25	20.34	0.02	0.02	0.973
SUB121	20.91	0.00	0.00	1.31	9.95	0.02	0.00	0.476
SUB122	20.91	0.00	0.00	1.31	19.31	0.92	0.50	0.923
SUB123	20.91	0.00	0.00	3.44	16.96	0.65	0.34	0.811
SUB124	20.91	0.00	0.00	1.31	20.21	0.23	0.20	0.967
SUB125	20.91	0.00	0.00	1.31	19.63	0.89	0.54	0.939
SUB126	20.91	0.00	0.00	1.31	19.52	0.43	0.26	0.934
SUB127	20.91	0.00	0.00	3.44	17.23	0.40	0.23	0.824
SUB128	20.91	0.00	0.00	1.31	19.77	0.71	0.45	0.946
SUB137	20.91	0.00	0.00	4.72	15.80	0.22	0.10	0.756
SUB141	20.91	0.00	0.00	12.86	5.65	0.13	0.05	0.270
SUB142	20.91	0.00	0.00	12.52	6.46	0.09	0.04	0.309
SUB143	20.91	0.00	0.00	13.12	5.54	0.20	0.08	0.265
SUB144	20.91	0.00	0.00	12.84	6.21	0.15	0.08	0.297

\*\*\*\*\*  
Node Depth Summary  
\*\*\*\*\*

Kala Ulang 2 Tahun

```

*****
Subcatchment Runoff Summary
*****

```

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 <sup>6</sup> ltr	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
SUB88	36.94	0.00	0.00	7.42	27.10	2.49	0.94	0.734
SUB89	36.94	0.00	0.00	7.01	31.33	0.05	0.05	0.848
SUB90	36.94	0.00	0.00	7.01	30.72	0.22	0.18	0.832
SUB91	36.94	0.00	0.00	7.39	29.06	0.62	0.36	0.787
SUB94	36.94	0.00	0.00	7.01	29.93	0.70	0.41	0.810
SUB95	36.94	0.00	0.00	7.34	29.29	0.56	0.34	0.793
SUB96	36.94	0.00	0.00	7.01	30.66	0.34	0.27	0.830
SUB97	36.94	0.00	0.00	7.01	31.02	0.04	0.04	0.840
SUB98	36.94	0.00	0.00	7.01	31.31	0.01	0.01	0.848
SUB99	36.94	0.00	0.00	9.34	28.49	0.01	0.01	0.771
SUB100	36.94	0.00	0.00	7.01	31.16	0.00	0.00	0.843
SUB101	36.94	0.00	0.00	7.01	30.99	0.01	0.01	0.839
SUB102	36.94	0.00	0.00	7.42	28.83	0.94	0.52	0.780
SUB103	36.94	0.00	0.00	7.16	29.94	0.97	0.63	0.810
SUB104	36.94	0.00	0.00	7.13	30.04	0.32	0.21	0.813
SUB105	36.94	0.00	0.00	8.73	28.98	0.57	0.46	0.785
SUB106	36.94	0.00	0.00	4.43	32.55	0.69	0.42	0.881
SUB118	36.94	0.00	0.00	1.42	35.64	0.57	0.35	0.965
SUB119	36.94	0.00	0.00	1.42	35.78	1.15	0.71	0.968
SUB120	36.94	0.00	0.00	1.42	36.76	0.04	0.04	0.995
SUB121	36.94	0.00	0.00	1.42	21.04	0.05	0.00	0.569
SUB122	36.94	0.00	0.00	1.42	35.49	1.70	1.01	0.961
SUB123	36.94	0.00	0.00	4.43	32.10	1.24	0.70	0.869
SUB124	36.94	0.00	0.00	1.42	36.76	0.42	0.39	0.995
SUB125	36.94	0.00	0.00	1.42	36.01	1.64	1.11	0.975
SUB126	36.94	0.00	0.00	1.42	35.84	0.80	0.50	0.970
SUB127	36.94	0.00	0.00	4.43	32.53	0.75	0.46	0.881
SUB128	36.94	0.00	0.00	1.42	36.22	1.29	0.95	0.980
SUB137	36.94	0.00	0.00	7.01	29.52	0.41	0.22	0.799
SUB141	36.94	0.00	0.00	17.22	12.76	0.29	0.11	0.346
SUB142	36.94	0.00	0.00	17.70	15.07	0.20	0.09	0.408
SUB143	36.94	0.00	0.00	18.56	12.06	0.43	0.17	0.326
SUB144	36.94	0.00	0.00	18.56	14.20	0.34	0.15	0.384

```

*****
Node Depth Summary
*****

```

Kala Ulang 5 Tahun

\*\*\*\*\*  
Subcatchment Runoff Summary  
\*\*\*\*\*

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 <sup>6</sup> ltr	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
SUB1	45.12	0.00	0.00	8.41	35.16	0.81	0.39	0.779
SUB2	45.12	0.00	0.00	11.21	32.05	0.71	0.34	0.710
SUB3	45.12	0.00	0.00	8.05	38.03	0.43	0.36	0.843
SUB4	45.12	0.00	0.00	12.62	31.29	0.54	0.29	0.693
SUB5	45.12	0.00	0.00	8.41	37.18	0.12	0.09	0.824
SUB6	45.12	0.00	0.00	7.91	38.68	0.14	0.14	0.857
SUB7	45.12	0.00	0.00	7.91	38.51	0.27	0.24	0.854
SUB8	45.12	0.00	0.00	11.12	34.61	0.04	0.03	0.767
SUB9	45.12	0.00	0.00	7.91	38.57	0.04	0.03	0.855
SUB10	45.12	0.00	0.00	7.91	38.62	0.09	0.08	0.856
SUB11	45.12	0.00	0.00	7.91	38.69	0.04	0.04	0.857
SUB12	45.12	0.00	0.00	8.83	36.99	0.22	0.17	0.820
SUB13	45.12	0.00	0.00	8.83	37.37	0.31	0.26	0.828
SUB14	45.12	0.00	0.00	8.41	37.03	0.62	0.42	0.821
SUB15	45.12	0.00	0.00	1.44	44.24	0.84	0.56	0.980
SUB16	45.12	0.00	0.00	8.41	37.13	0.64	0.45	0.823
SUB17	45.12	0.00	0.00	7.91	38.43	0.30	0.26	0.852
SUB75	45.12	0.00	0.00	8.31	37.44	0.32	0.24	0.830
SUB76	45.12	0.00	0.00	8.41	36.12	0.96	0.56	0.801
SUB77	45.12	0.00	0.00	8.41	36.98	0.50	0.33	0.820
SUB78	45.12	0.00	0.00	8.41	36.04	0.99	0.57	0.799
SUB79	45.12	0.00	0.00	8.41	36.93	0.41	0.27	0.818
SUB90	45.12	0.00	0.00	4.74	40.99	0.58	0.41	0.908
SUB81	45.12	0.00	0.00	1.44	42.86	0.95	0.49	0.950
SUB82	45.12	0.00	0.00	8.08	37.97	0.36	0.29	0.841
SUB83	45.12	0.00	0.00	8.41	36.85	0.34	0.22	0.817
SUB88	45.12	0.00	0.00	8.41	34.00	3.13	1.23	0.754
SUB89	45.12	0.00	0.00	7.91	38.88	0.07	0.06	0.862
SUB90	45.12	0.00	0.00	8.01	38.12	0.28	0.23	0.845
SUB91	45.12	0.00	0.00	8.41	36.27	0.78	0.46	0.804
SUB94	45.12	0.00	0.00	7.91	37.33	0.88	0.53	0.827
SUB95	45.12	0.00	0.00	8.41	36.48	0.70	0.43	0.808
SUB96	45.12	0.00	0.00	8.07	37.99	0.42	0.34	0.842
SUB97	45.12	0.00	0.00	7.91	38.56	0.05	0.05	0.855
SUB98	45.12	0.00	0.00	7.91	38.93	0.01	0.01	0.863
SUB99	45.12	0.00	0.00	10.55	35.67	0.02	0.01	0.791
SUB100	45.12	0.00	0.00	7.91	38.74	0.00	0.00	0.859
SUB101	45.12	0.00	0.00	7.91	38.54	0.01	0.01	0.854
SUB102	45.12	0.00	0.00	8.41	36.03	1.17	0.67	0.799
SUB103	45.12	0.00	0.00	8.41	37.06	1.20	0.83	0.821
SUB104	45.12	0.00	0.00	8.41	37.18	0.39	0.28	0.824
SUB105	45.12	0.00	0.00	10.18	36.02	0.71	0.59	0.798
SUB106	45.12	0.00	0.00	4.74	40.60	0.87	0.53	0.900
SUB118	45.12	0.00	0.00	1.44	44.00	0.71	0.44	0.975
SUB119	45.12	0.00	0.00	1.44	44.16	1.42	0.92	0.979
SUB120	45.12	0.00	0.00	1.44	45.16	0.05	0.05	1.001
SUB121	45.12	0.00	0.00	1.44	27.13	0.06	0.01	0.601
SUB122	45.12	0.00	0.00	1.44	43.82	2.10	1.28	0.971
SUB123	45.12	0.00	0.00	4.74	40.06	1.54	0.89	0.888
SUB124	45.12	0.00	0.00	1.44	45.22	0.52	0.49	1.002
SUB125	45.12	0.00	0.00	1.44	44.43	2.02	1.44	0.985
SUB126	45.12	0.00	0.00	1.44	44.23	0.98	0.65	0.980
SUB127	45.12	0.00	0.00	4.74	40.57	0.94	0.58	0.899
SUB128	45.12	0.00	0.00	1.44	44.67	1.59	1.23	0.990
SUB137	45.12	0.00	0.00	7.91	36.85	0.51	0.28	0.817
SUB141	45.12	0.00	0.00	19.31	17.21	0.40	0.14	0.381
SUB142	45.12	0.00	0.00	19.91	20.37	0.28	0.11	0.451
SUB143	45.12	0.00	0.00	21.03	16.20	0.57	0.22	0.359
SUB144	45.12	0.00	0.00	21.03	19.20	0.47	0.19	0.426

\*\*\*\*\*  
Node Depth Summary  
\*\*\*\*\*

## Kala Ulang 10 Tahun

\*\*\*\*\*  
 Subcatchment Runoff Summary  
 \*\*\*\*\*

Subcatchment	Total Precip mm	Total Runon mm	Total Evap mm	Total Infil mm	Total Runoff mm	Total Runoff 10 <sup>-6</sup> ltr	Peak Runoff CMS	Runoff Coeff
SUB1	50.51	0.00	0.00	8.98	39.93	0.92	0.45	0.790
SUB2	50.51	0.00	0.00	11.98	36.60	0.81	0.39	0.725
SUB3	50.51	0.00	0.00	8.74	42.94	0.49	0.41	0.850
SUB4	50.51	0.00	0.00	13.48	35.81	0.62	0.34	0.709
SUB5	50.51	0.00	0.00	8.98	42.09	0.14	0.10	0.833
SUB6	50.51	0.00	0.00	8.44	43.71	0.16	0.16	0.865
SUB7	50.51	0.00	0.00	8.44	43.56	0.30	0.27	0.862
SUB8	50.51	0.00	0.00	11.98	39.22	0.04	0.03	0.776
SUB9	50.51	0.00	0.00	8.44	43.61	0.04	0.04	0.863
SUB10	50.51	0.00	0.00	8.44	43.66	0.10	0.09	0.864
SUB11	50.51	0.00	0.00	8.44	43.72	0.05	0.05	0.866
SUB12	50.51	0.00	0.00	9.49	41.87	0.25	0.20	0.829
SUB13	50.51	0.00	0.00	9.49	42.27	0.35	0.30	0.837
SUB14	50.51	0.00	0.00	8.98	41.98	0.70	0.49	0.831
SUB15	50.51	0.00	0.00	1.45	49.78	0.95	0.65	0.986
SUB16	50.51	0.00	0.00	8.98	42.06	0.73	0.52	0.833
SUB75	50.51	0.00	0.00	8.98	42.28	0.36	0.27	0.837
SUB76	50.51	0.00	0.00	8.98	40.99	1.09	0.64	0.812
SUB77	50.51	0.00	0.00	8.98	41.93	0.56	0.39	0.830
SUB78	50.51	0.00	0.00	8.98	40.89	1.12	0.65	0.810
SUB79	50.51	0.00	0.00	8.98	41.87	0.46	0.31	0.829
SUB80	50.51	0.00	0.00	4.91	46.38	0.66	0.48	0.918
SUB81	50.51	0.00	0.00	1.45	48.27	1.07	0.57	0.956
SUB82	50.51	0.00	0.00	8.78	42.86	0.41	0.33	0.849
SUB83	50.51	0.00	0.00	8.98	42.98	0.35	0.25	0.837
SUB88	50.51	0.00	0.00	8.98	38.66	3.56	1.44	0.765
SUB89	50.51	0.00	0.00	8.44	43.89	0.07	0.07	0.869
SUB90	50.51	0.00	0.00	8.69	43.03	0.31	0.26	0.852
SUB91	50.51	0.00	0.00	8.98	41.14	0.88	0.53	0.815
SUB94	50.51	0.00	0.00	8.44	42.31	1.00	0.62	0.838
SUB95	50.51	0.00	0.00	8.98	41.38	0.80	0.49	0.819
SUB96	50.51	0.00	0.00	8.77	42.89	0.48	0.39	0.849
SUB97	50.51	0.00	0.00	8.44	43.60	0.06	0.06	0.863
SUB98	50.51	0.00	0.00	8.44	43.96	0.01	0.01	0.870
SUB99	50.51	0.00	0.00	11.25	40.50	0.02	0.02	0.802
SUB100	50.51	0.00	0.00	8.44	43.78	0.00	0.00	0.867
SUB101	50.51	0.00	0.00	8.44	43.58	0.01	0.01	0.863
SUB102	50.51	0.00	0.00	8.98	40.89	1.33	0.77	0.810
SUB103	50.51	0.00	0.00	8.98	42.00	1.36	0.96	0.832
SUB104	50.51	0.00	0.00	8.98	42.09	0.44	0.32	0.833
SUB105	50.51	0.00	0.00	11.07	40.68	0.80	0.68	0.805
SUB106	50.51	0.00	0.00	4.91	45.96	0.98	0.62	0.910
SUB118	50.51	0.00	0.00	1.45	49.52	0.80	0.50	0.980
SUB119	50.51	0.00	0.00	1.45	49.70	1.59	1.07	0.984
SUB120	50.51	0.00	0.00	1.45	50.70	0.05	0.05	1.004
SUB121	50.51	0.00	0.00	1.45	31.25	0.07	0.01	0.619
SUB122	50.51	0.00	0.00	1.45	49.33	2.36	1.46	0.977
SUB123	50.51	0.00	0.00	4.91	45.36	1.75	1.02	0.898
SUB124	50.51	0.00	0.00	1.45	50.79	0.59	0.56	1.006
SUB125	50.51	0.00	0.00	1.45	49.99	2.28	1.67	0.990
SUB126	50.51	0.00	0.00	1.45	49.78	1.11	0.76	0.986
SUB127	50.51	0.00	0.00	4.91	45.93	1.06	0.67	0.909
SUB128	50.51	0.00	0.00	1.45	50.25	1.79	1.42	0.995
SUB137	50.51	0.00	0.00	8.44	41.77	0.58	0.32	0.827
SUB141	50.51	0.00	0.00	20.51	20.41	0.47	0.16	0.404
SUB142	50.51	0.00	0.00	21.19	24.11	0.33	0.12	0.477
SUB143	50.51	0.00	0.00	22.46	19.20	0.68	0.25	0.380
SUB144	50.51	0.00	0.00	22.46	22.76	0.55	0.22	0.451

\*\*\*\*\*  
 Node Depth Summary  
 \*\*\*\*\*